

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А.Пасічник
(підпис)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки -

6.050503 Машинобудування
(код і назва)

на тему: _____ Бур збірний для видобутку проб ґрунту

Виконав (-ла): студент (-ка) _4_ курсу, групи _МІ-51_
(шифр групи)

_____ Кривенко максим Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ Красновид Дмитро Олександрович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050503 Машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 В.А.Пасічник

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Кривенко Максим Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Бур збірний для виробництва проб ґрунту

керівник проекту К.Т.Н., доцент Красновид Д.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. №__

2. Термін подання студентом проекту 30.05.2019

3. Вихідні дані до проекту оброблюваний матеріал – ґрунт
піщано-глинистий; $\varnothing 35$ мм; шибка буріння – ≥ 200 мм

4. Зміст пояснювальної записки Огляд істр. для буріння, умови роботи,
розробка конструкції головки бура; розробка технології виготовлення; розрахунок
режимів різання та припусків на обробку корпусу головки; вибір та розрахунок
технологічного пристосування; моделювання вигот. головки адит. технологією,
перевірка досвідного зразка

5. Перелік графічного матеріалу (із * зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Аналізуючий конструкції,
варіанти виконання завдання; креслення елементів конструкції,
технолог. процес, конструкція пристосування; виготовлення
бура на 3D, експерименти, шматунки конструкції в CAD.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

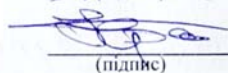
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз існуючих конструкцій	05.03.19 - 19.03.19	виготовлено
2	Розробка варіантів виконання конструкцій будівлі	20.03.19 - 03.04.19	виготовлено
3	Креслення елементів конструкції будівлі	04.04.19 - 17.04.19	виготовлено
4	Розробка технологічного процесу	18.04.19 - 25.04.19	виготовлено
5	Розробка пристосування	26.04.19 - 02.05.19	виготовлено
6	Моделювання, перевірка в САПС	03.05.19 - 16.05.19	виготовлено
7	Виготовлення та експерименти	17.05.19 - 30.05.19	виготовлено

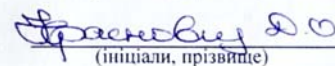
Студент


(підпис)


(ініціали, прізвище)

Керівник проекту


(підпис)


(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

 ЗАТВЕРДЖУЮ
В.А.Пасічник

Від "___" _____ 2018 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Бур збірний для видобутку ґрунту
Зміст проекту	Розробити конструкцію бурової головки для видобутку ґрунту без змішування.
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none">1. Матеріал корпусу — сталь 9ХС.2. Різальна частина бура — із змінними елементами виконаними з твердого сплаву.3. Кількість різальних елементів — три.4. Кріплення різальних елементів — металічне.
Особливі вимоги	Забір ґрунту без змішування

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	1. Розробка конструкції з'єднання бур 2. Розробка механізму фіксації стани трикутника.
ОП	1. Робочий креслення бурової головки. 2. 3D модель бура.
ТС	1. Ескіз технологічної операції: - монтаж зовнішньої поверхні бура - свердління внутрішнього отвору та кріплення отворів - фрезерування пазів під пластини та пилотки - розточування отвору для закріплення головки
СК	1. Конструкція діафрагми для фіксації короди трикутника після буріння.
СП	Розробка керуючої програми ЧПК для виготовлення корпуса.
НУ	Дослідити виробництво, створення масову виробу
Студент	<u>Грибенко М. О.</u> дата <u>"07" 03 2019</u> р.
Викладач	<u>Григорів О. О.</u> дата <u>"07" 03 2019</u> р.

Прийняті позначення:

СП – стан питання.

ОП – об'єкт проектування.

ТС – технологічна складова.

КС – конструкторська складова.

СП – спеціальна складова.

НУ – наукова складова.

Анотація

Проект присвячений розробленню та проектуванню конструкції збірної бури для видобутку проб ґрунту. За результатами аналізу була прийнята збірна конструкція інструменту, оснащеного системою фіксації породи у вигляді рухомих ступенів пелюсток.

Розроблена технологія виготовлення коронки бурильної головки. Було обрано режими роботи інструмента необхідного для виготовлення проекрованої деталі. Створено керуючі програми для оброблення на верстаті з ЧПК та друку на 3D принтері. Було спроектовано пристосування для встановлення трикулачкового патрона на плиту верстата з ЧПК та розраховано необхідні сили затиску при обробленні. Також було проведено перевірку системи фіксації керну під навантаженням за допомогою CAD/CAM систем.

Ключові слова: бур, керн, буріння, бурильна головка

Annotation

This project is aimed at developing and designing construction of prefabricated drill for soil sampling. According to the results of analysis the construction with motile petal fixing system for soil sampling was confirmed.

The designed technology of producing drilling head was generated. Moreover, the operation modes for projected tool were chosen. The control programs for CNC and 3D printer were produced. The device for CNC table and three-jaw chuck was designed and necessary clamping forces were calculated. Also, the test of fixing system of soil under load by CAD/CAM system was carried out.

Key words: drill, core, drilling, drilling head

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз конструкцій та умов роботи інструментів	6
2 Опис розроблюваної конструкції.....	15
2.1 Вибір та обґрунтування матеріалів конструкції.....	15
2.2 Опис конструкції бурильної головки	16
3 Технологічна частина.....	22
3.1 Логічні умови процесу виготовлення.....	22
3.2 Технологія виготовлення.....	23
3.3 Визначення потужності маршрутів по групам логічних умов.....	29
3.4 Розрахунок припусків	32
3.5 Технологічний процес	36
3.6 Розрахунок режимів різання.....	39
4 Технологічне пристосування.....	46
4.1 Опис концепції та підбір компонентів.....	46
4.2 Силовий розрахунок, визначення сил затиску заготовки.....	50
5 Виготовлення на верстаті з ЧПК. Програма обробки	53
6 Виготовлення прототипу на 3D принтері.	63
7 Симуляція в CAD/CAM системах.....	68

					MI51.ДП.06.000.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Пояснювальна записка		
<i>Розроб.</i>		Кривенко М.О.					
<i>Перевір.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						2	
					НТУУ «КПІ ім І Сікорського», ММІ, МІ-51		

Висновки по роботі.....72

Використана література.....74

Додаток – А. Креслення

Додаток – Б. Специфікації до складаних креслень

Додаток – В. Операційні карти

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Буріння – процес руйнування шарів породи з метою формування отвору в тілі буріння з подальшим видаленням матеріалу на поверхню. Буріння здійснюють механічним методом, термічним, гідравлічним, вибуховим. Породу можна руйнувати тільки по зовнішньому контуру, зі збереженням в центрі колонки (керна) – колонкове буріння, – або по всьому перерізу (безкернаве буріння). Залежно від параметрів утворювані отвори називаються: шпур, шурф, свердловина, шахтний стовбур або інколи називають просто шахтою.

Також великим попитом слід відмітити бурильні операції під час геологічних досліджень. Дані роботи виконуються для розвідки території на наявність корисних копалин, для вивчення геологічного розрізу і властивостей осадових утворень, оцінки геологічних умов території майбутньої забудови, а також визначення всіх необхідних характеристик ділянки для складання проектної документації та проведення будівельних робіт. Під час проведення робіт здійснюються геологорозвідувальні роботи. Для аналізу ґрунту на необхідних ділянках використовують різні види бурів та бурильних головок, які дозволяють видобувати стовп породи (керна) з різних глибин.

Аналізуючи сучасні тенденції дослідження планет, в даний час найбільш цікавою для дослідників є Марс. Але розроблення та тестування обладнання проводиться на планеті Земля. Також існують різноманітні міжнародні змагання, які проводять заходи на яких аматори студенти мають можливість проявити себе та збудувати свій прототип, щоб продемонструвати свої знання та навички. Одним з таких змагань є «European Rover Challenge» для якого необхідно створити систему буріння, а саме бурильну головку. Згідно регламенту необхідно створити інструмент для буріння на глибину 150..300 мм, при діаметрі буріння 30..40 мм, а також дана конструкція повинна мати систему фіксації породи, для видалення стовпа ґрунту без змішування.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всіх перерахованих раніше операцій керн є матеріалом для вирішення поставлених завдань. Колонкове буріння – являє собою вид буріння, коли дроблення відбувається тільки по зовнішньому кільцю та зі збереженням внутрішньої частини, що виходить на поверхню у вигляді стовпчика.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ ІНСТРУМЕНТІВ

Задача конструкторської розробки – бур для видобутку проб ґрунту зі збереженням структури керну (видобутої колонки ґрунту) в корпусі бура – колонкове буріння.

- Збірна конструкція
- Змінні різальні елементи
- Незмінність структури керна при видобутку

Перш ніж перейти до розробки конструкції бурильної головки розглянемо найбільш поширені, на сьогодні, типи бурів та конструкції, які подібні за принципом роботи:

В першу чергу варто розглянути бур-долото зі шнеком. Бур-долото (рис.1.1) – металеве пристосування для буріння в твердих ґрунтах, у вигляді конуса (візуально походить на викрутку). Форма буде залежати від породи ґрунту: плоска для м'яких, хрестоподібна – для твердих. Зазвичай цей інструмент виготовляють зі сталі, а лезо бура-долота має бути гартованим. Існує три варіанти виконання головки: лопатеподібний бур, долото лопатеподібне з двома лопатями, долото лопатеподібне з трьома лопатями. Руйнування породи відбувається за рахунок обертання бурової головки. Шнек — стержень із суцільною гвинтовою поверхнею вздовж повздовжньої осі. Бурова головка та шнек можуть бути роздільними чи одним цілим, останні називають шнеко-буром. Потім шлам по спіралі шнека транспортується на поверхню [1].

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

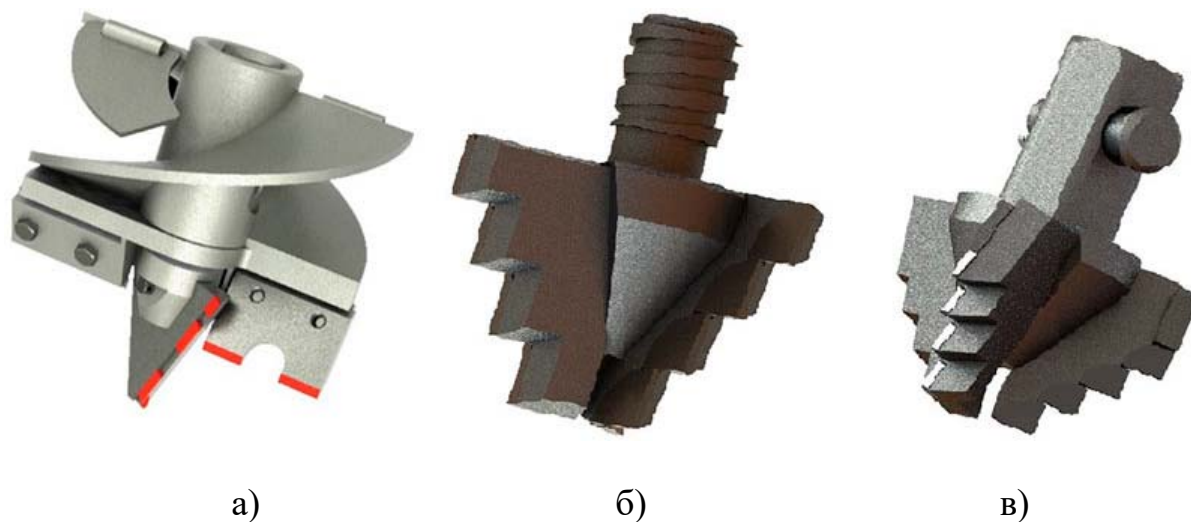


Рисунок 1.1 – Варіанти конструкцій бурових головок

(а – шпильаста зі спіраллю, б – лопатева з різьбовим замком, в – лопатева з шестигранним замком)

Переваги

- Неперервний процес підйому ґрунту на поверхню;
- Можливість робити отвори великого діаметру (до 150 см);
- Можна бурити в будь-якому напрямку, наприклад під кутом;
- Шнекова колона не потребує підйому під час буріння;
- Висока швидкість заглиблення (До 100-300 метрів за зміну).

Недоліки

- Необхідно швидке обертання великої та важкої шнекової колони, з цього випливає, що бурова установка має бути потужною;
- Відносно невелика глибина буріння, зазвичай до 50 метрів;
- При попаданні на валун подальше проходження може стати проблемою;
- Буріння в породах високої твердості неможливе;
- В липких та в'язких ґрунтах можливе налипання.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступний інструмент, який цікавий з конструктивної точки зору – корончаті свердла. Корончаті свердла (рис.1.2) – інструмент, котрий також відомий як кільцева фреза, який дозволяє отримати отвори великої глибини та діаметру. Операції виконувани даним інструментом можна виконувати з досить високою швидкістю. Цей метод дозволяє скоротити кількість використовуваної енергії в 4-12 разів у порівнянні з аналогічними. Частіше всього даний інструмент використовують для висвердлювання наскрізних отворів.

Корончатим свердлам притаманні такі переваги, котрі виділяють їх з ряду іншого інструменту:

- Присутність великої площі контакту з робочою поверхнею
- Значний об'єм матеріалу, що видаляється
- Економічність та повна ергономічність
- Відсутність шуму при роботі
- Велика кількість різальних кромок
- Дозволяють виконувати отвори діаметром 12...150 мм (свердло малого та великого діаметру зображено на рис.2)

Єдиним недоліком даного інструмента є неможливість працювати з глухими отворами.

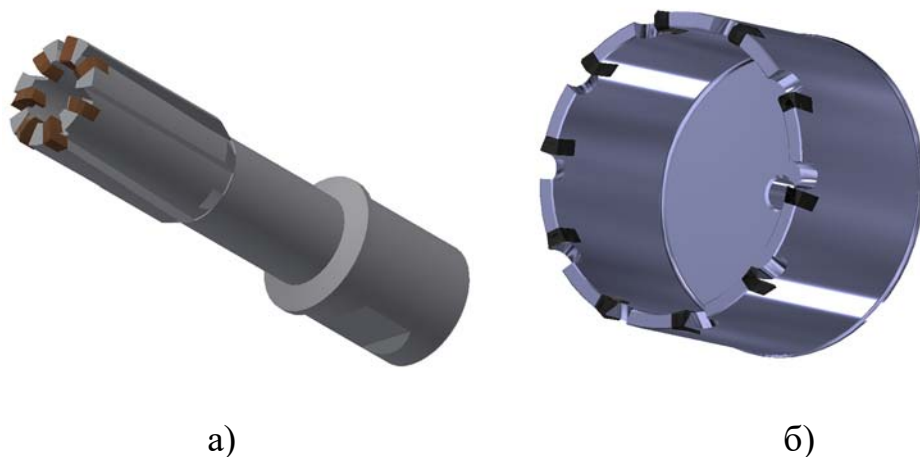


Рисунок 1.2 – Корончаті свердла зі змінними пластинами

(а – малого діаметру, б – великого)

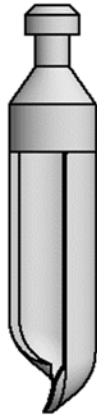
					<i>MI51.ДП.06.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Також важливе місце в бурінні займають ручні бури. Існують два типи ручних бурів – спіральний гвинтовий бур (рис.1.3 б) та бур-ложка(рис.1.3 а). Спіральний гвинтовий бур або змієвик складається з гвинтового тіла, шийки, різьбової головки для приєднання до бурових труб тубусу та леза. Нижній кінець бура має різальну кромку, котра зрізає ґрунт при обертанні, крок спіралі бура дорівнює його діаметру.

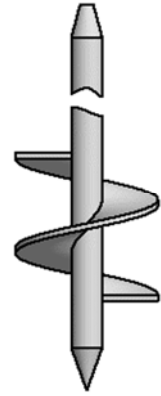
При обертанні бур угвинчується в породу, як штопор. Порода, що заповнює лопаті бура, утримується за рахунок тертя при підйомі бура. Широкого застосування інструмент набув при бурінні в глинах та суглинках (що інколи містять невелику кількість гравію чи мілкої гальки) — в'язких пластичних породах. Снаряд періодично (через 3—5 обертів) підіймають над отвором для видалення породи з масиву. Заглиблення за рейс може сягати 50 - 60 см, після чого снаряд виймають на поверхню та очищають від породи і знову опускають до свердловини.

В процесі буріння не допускається обертання установки проти годинникової стрілки, з метою запобігання розгвинчування різьбових з'єднань. При виготовленні змієвика зварювання елементів також не допускається, бо в місці зварювання може відбутися руйнування під час роботи. Бур-ложка – це частина циліндра з вирізом (поздовжньою чи спіральною), на кінці якого різальна кромка. Область застосування – глинисті та вологі ґрунти. В основному для виготовлення таких бурових головок використовують листовий метал. Вісь корпусу зміщена відносно осі бурильної штанги, таким чином, що вісь обертання бурильної штанги і вісь нижнього свердла бура збігаються, а вісь ложки зміщена на 10-15 мм. Завдяки цьому різальна кромка бура-ложки зрізає ґрунт зі стінок, тим самим роблячи діаметр більшим. Довжина бура-ложки близько 700 мм [2].

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рисунок 1.3 – Ручні бури
(а – бур ложки, б – спіральний бур)

Переваги:

- дешевизна
- простота конструкції
- не висока складність виготовлення

Недоліки:

- накладаються обмеження при роботі, викликані особливостями конструкції
- низька продуктивність
- обмеження викликані фізичними показниками виконавця

Проаналізувавши існуючі конструкції бурів та бурових головок, а також переваги та недоліки можна зробити певні висновки, а саме:

1) у деяких з перерахованих варіантів важливим недоліком є неможливість видобутку стовпа ґрунту без змішування;

2) також важливим є неможливість фіксації видобутої породи за допомогою варіантів, яких не стосується проблема 1 пункту, а саме відсутність пристосування для фіксації видобутої породи.

Особливості роботи при роботі з певними ґрунтами. Силовий розрахунок процесу буріння.

При проведенні буріння на різних ділянках з різними умовами доводиться використовувати різні методики та підходи, таким чином вирізняємо певні типи головок для робіт в різних умовах [3].

Желонка – пристосування, що використовують при буріння у сипучих породах, дуже нещільних. Дозволяє забирати породу за рахунок внутрішнього клапану.

Буровий стакан – відрізок труби з фрезою, використовують при роботі у глинах та вологих пісках, порода всередині утримується силами тертя.

Долото – пристосування, що використовують при бурінні скельних порід, порода руйнується ударами інструмента та окремо в подальшому видаляється зі свердловини.

Названий інструмент відносять до ударного метода буріння, але поряд з ним також використовують обертальне буріння.

Ложковий бур – інструмент, що використовують при роботі в глинах та суглинках, сухих пісках, крейді, знизу конструкції знаходиться лезо, що зрізає шар породи та заповнює порожнину циліндра інструмента.

Змійовик – інструмент, що використовують при роботі в глинах, суглинках, крейді, закручена конструкція дозволяє утримувати породу між лопатями.

При обертальних методах буріння немає можливості витягувати зразки без перемішування початкової структури, тому, в таких випадках, використовують колонкове буріння за допомогою бурильної колонки з твердосплавними,

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

алмазними чи дробовими зубцями внизу конструкції, порода залишається всередині труби бурильної установки.

В свою чергу продуктивність інструменту з твердосплавними пластинами визначається технічними, технологічними та організаційними чинниками. Для кожного етапу буріння проектується параметри режиму буріння: осьова сила на інструмент; частота обертання; витрата промивної рідини (у випадку наявності такої). Також необхідно врахувати, що навантаження на різець повинно бути не менше опору породи на вдавлювання. Таким чином, чим твердіша порода, тим більшою має бути осьова сила.

Для визначення осьової сили достатньо скористатися формулою, підставивши дані отримаємо необхідне значення:

$$C = C_{\text{пит}} m, \text{ даН},$$

де $C_{\text{пит}}$ – питоме навантаження на один різець, даН, m – кількість різців. Питоме навантаження обирають з урахуванням міцності твердосплавних пластин, також залежить від категорії порід за рівнем складності буріння.

Частота обертання інструмента обирається з рекомендованої колової швидкості за формулою:

$$n = \frac{60V_{\text{КОЛ}}}{\pi D_C}, \text{ хв}^{-1};$$

де $V_{\text{КОЛ}}$ – колова швидкість руху різця, м/с; D_C – середній діаметр коронки, м,

$$D_C = \frac{D_3 + D_B}{2}, \text{ м},$$

де D_3 та D_B – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри колонки, м.

Усі породи розбиті на ряд груп за рівнем складності буріння, що необхідно враховувати при виборі типу твердосплавних пластин і режимів роботи. До групи порід IV–VIII категорій віднесені породи з меншою рекомендованою швидкістю буріння, ніж м'яких, значення промивання знижується і найголовнішим є осьове

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження і частота обертання. При роботі в середовищах з наявністю абразивних часток слід зменшити частоту обертання та збільшити осьове навантаження (до рекомендованих максимальних значень). Колову швидкість приймають в межах 0,6...2,5 м/с, менші значення швидкості рекомендовані для абразивних, з тріщинами та переміжних за твердістю, а також неоднорідних за складом, а великі – для неабразивних, монолітних та однорідних за складом, а також будовою. При роботі з породами V–IX категорій варто використовувати промивну рідину або пневматичну систему продувки. При роботі з м'якими породами I–IV категорій зазвичай промивну рідину не застосовують, а також використовують спеціальні клапани, керновідривачі та матеріали для заклинювання керна в трубах бурильної системи.

Згідно з даними, описаними раніше, можна визначити параметри роботи (осьову силу та частоту обертання інструмента). Попередньо слід відзначити, що проектувана бурильна головка призначена для буріння піщаних порід низької твердості, з певною ймовірністю зустрічі інструмента з твердими частками. Також важливим моментом є розміри інструмента необхідні для розрахунків, а саме внутрішній та зовнішній діаметри головки – 25 та 35 мм відповідно. Кількість твердосплавних різальних елементів – 3.

Таким чином, спочатку визначаємо осьову силу при роботі інструменту:

$$C = C_{\text{пит}} m; C = 60 \cdot 3 = 180 \text{ даН}$$

де $C_{\text{пит}} = 40 \dots 60$ даН – питоме навантаження на один різець [3],

$m = 3$ – кількість різальних елементів.

Визначаємо частоту обертання інструменту:

$$n = \frac{60V_{\text{КОЛ}}}{\pi D_c}; n = \frac{60 \cdot 1,8}{3,14 \cdot 0,03} = 1\,146 \text{ хв}^{-1},$$

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

де $D_c = \frac{D_3 + D_B}{2}$; $D_c = \frac{35 + 25}{2} = 30 \text{ мм} = 0,03 \text{ м}$ – середній діаметр коронки, згідно [3] визначаємо, що рекомендована колова швидкість $V_{\text{кол}} = 0.8 \dots 1.8 \text{ м/с}$.

Таким чином, проаналізувавши існуючі конструкції, які могли б задовольнити вимогам, ми можемо провести роботи по створенню власної конструкції, яка б виконувала всі поставлені задачі та була б актуальною при виконанні необхідних робіт в заданих умовах.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОПИС РОЗРОБЛЮВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Вибір та обґрунтування матеріалів конструкції

Варто згадати про матеріали, що використовуються в бурильному обладнанні, а саме для виготовлення бурів, головок та їх робочих частин.

Розглянемо варіант обертального буріння без застосування ударних зусиль. Зазвичай в таких випадках використовують штанги, а також корпуси бурильних головок, виготовлені з інструментальної чи конструкційної сталі (наприклад зі сталі У7, У8 та інші) різноманітних діаметрів та перерізів. В свою чергу різальні елементи виготовляють з твердих сплавів (наприклад ВК6, ВК8, ВК6В та інші) [13]. Також використовують металокерамічні тверді сплави. Згадані тверді сплави складаються з карбїду вольфраму та кобальту в різних відсоткових відношеннях. Карбїд вольфраму в свою чергу надає сплаву високу хімічну стійкість, зносостійкість, міцність та твердість.

Виходячи з проаналізованої інформації, в якості матеріалу корпусу обираємо сталь 9ХС, а матеріал різальних елементів – ВК6В. Матеріал корпусу використовується при виготовленні деталей з підвищеною зносостійкістю та втомною міцністю при згинанні, крученні, контактному навантаженні, а також пружними властивостями. Таким чином, спираючись на характеристики сталі 9ХС, можемо дійти висновку, що вона чудово підходить для умов роботи бурильного інструмента. А матеріал ВК6В був обраний в якості матеріалу різальних частин, як матеріал який чудово себе зарекомендував в гірничій справі при обертальному бурінні, перевірений роками та чудово підходить за своїми характеристиками для роботи в визначених умовах (а саме високий коефіцієнт твердості – 8/10). Даний матеріал дозволить уникнути виходу зі строю інструмента у випадку натрапляння на більш тверду ділянку породи.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Опис конструкції бурильної головки

Корпус проектованої бурильної головки складається з двох частин, перша для кріплення на трубі бурильної установки та механізму фіксації породи, друга – кріплення різальних елементів. Далі більш детально розглянемо елементи окремо.

Частина корпусу для кріплення на бурильній установці. На даному елементі встановлюються допоміжні лиски (рис.2.1), які кріпляться за допомогою гвинтів(рис.2.2 а), різьба сформована тільки в тілі лиски. А також для встановлення/демонтажу головки використовуємо гвинти (рис.2.2 б), різьба – в тілі інструмента, в трубі бурильного обладнання утворено отвір без різьби (рис.2.3).

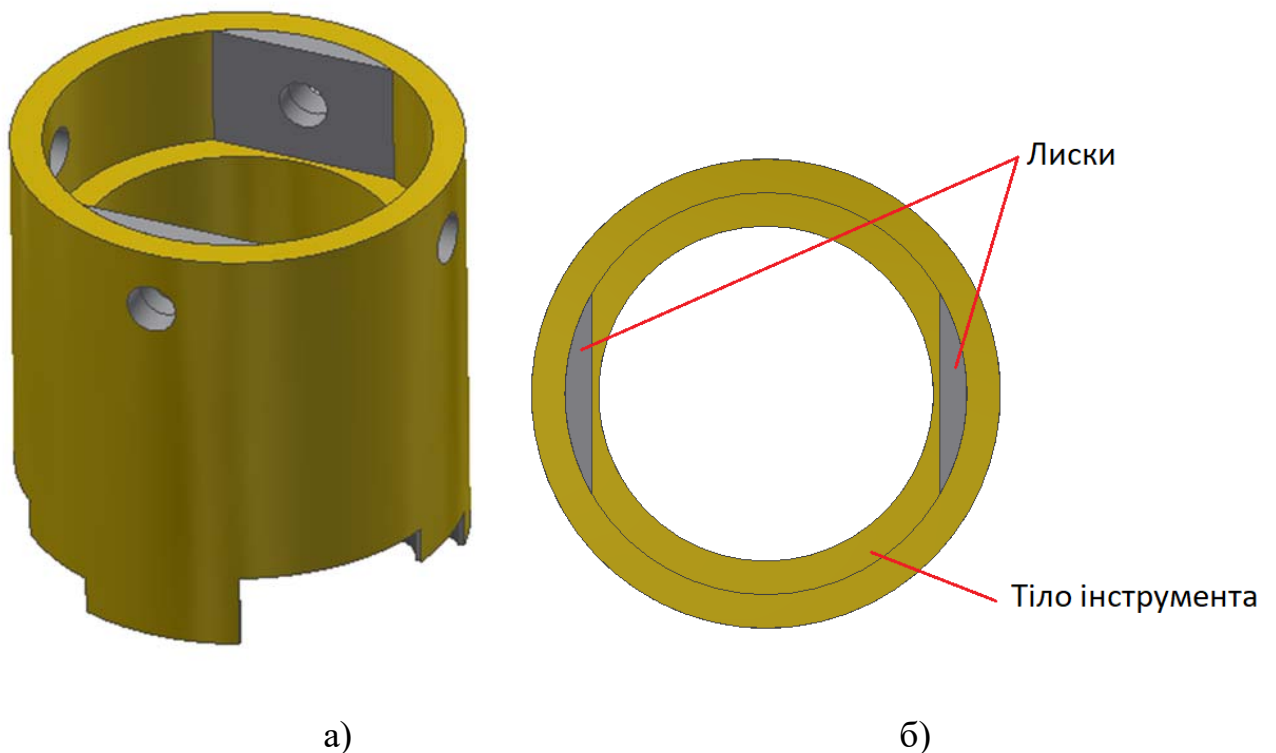


Рисунок 2.1 – Лиски (а – аксонометрія, б – вид зверху)



а)

б)

Рисунок 2.2 – Гвинти (а – для кріплення лисок, б – для кріплення коронки)

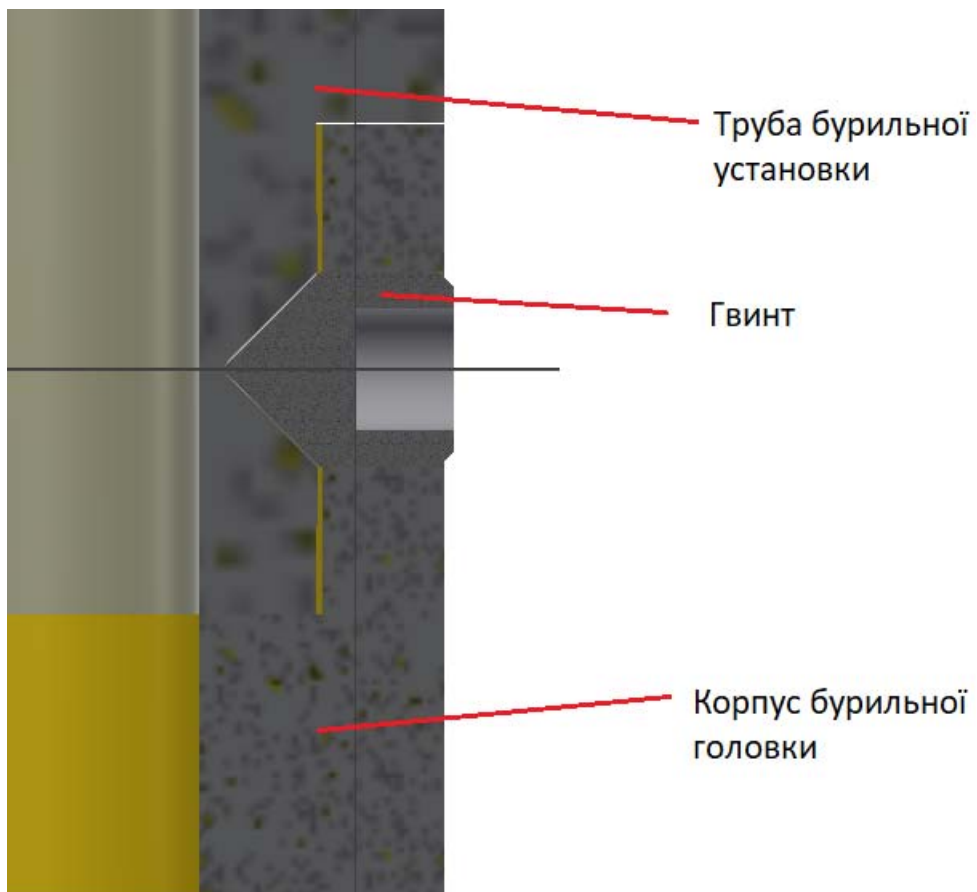


Рисунок 2.3 – Фіксація інструмента на трубі бура

Також на цій частині розташовані елементи механізму для фіксації керна. Даний механізм представляє собою три ступені пелюсток (рис.2.4), які за рахунок

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

своїєї форми залишаються відкритими або закриваються при реверсі, фіксуючи породу всередині інструмента. Кріплення пелюсток здійснюється за рахунок штифтів з ніжною (рис.2.5), які фіксуються за рахунок стопорного (або пружинного упорного) кільця. Повному розкриванню назовні перешкоджають виступи (рис.2.6) на поверхні фіксатора керна, які стикаються з пазами в конструкції нижнього шару пелюсток, також виступи присутні на інших групах пелюсток та відповідні пази на решті пелюсток, які запобігають розкривання. В свою чергу при закриванні на поверхні пелюсток є виступи, які дозволяють кожній групі займати відповідне положення, що дозволяє отримати максимальне перекриття отвору.

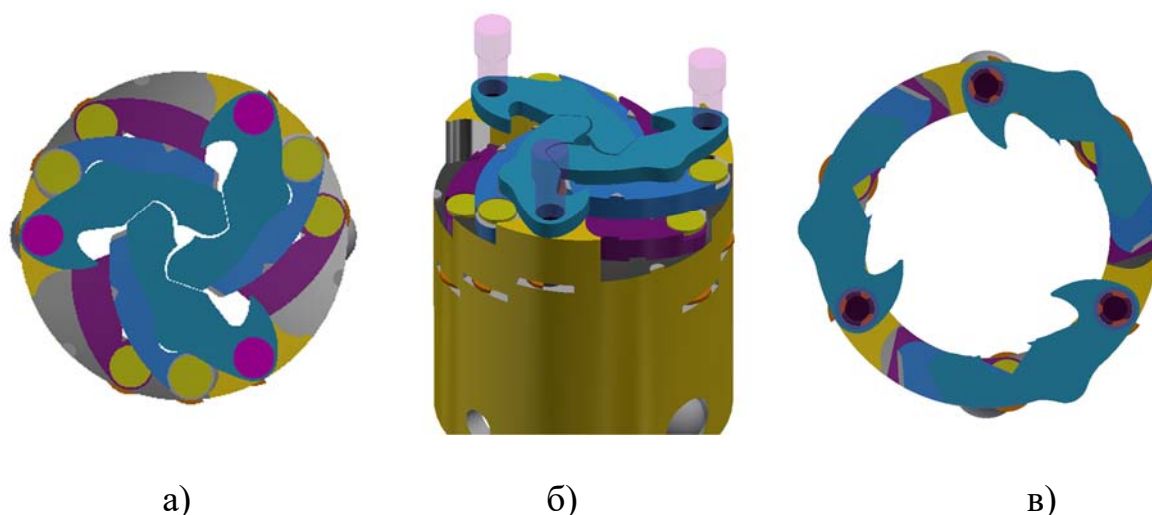


Рисунок 2.4 – Пелюстки (а – вид зверху в закритому положенні, б – аксонометрія в закритому положенні, в – вид зверху відкрите положення)

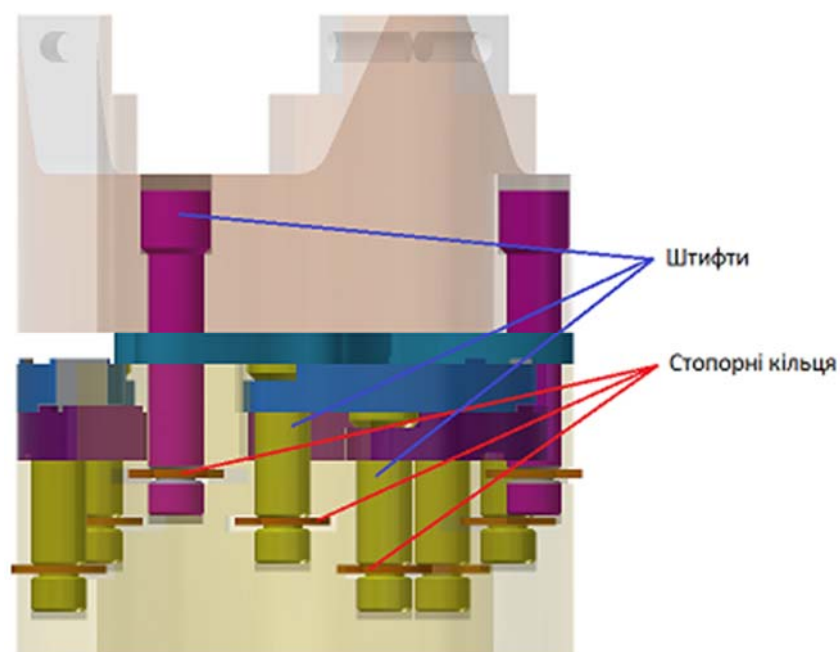


Рисунок 2.5 – Кріплення пелюсток та частин конструкції

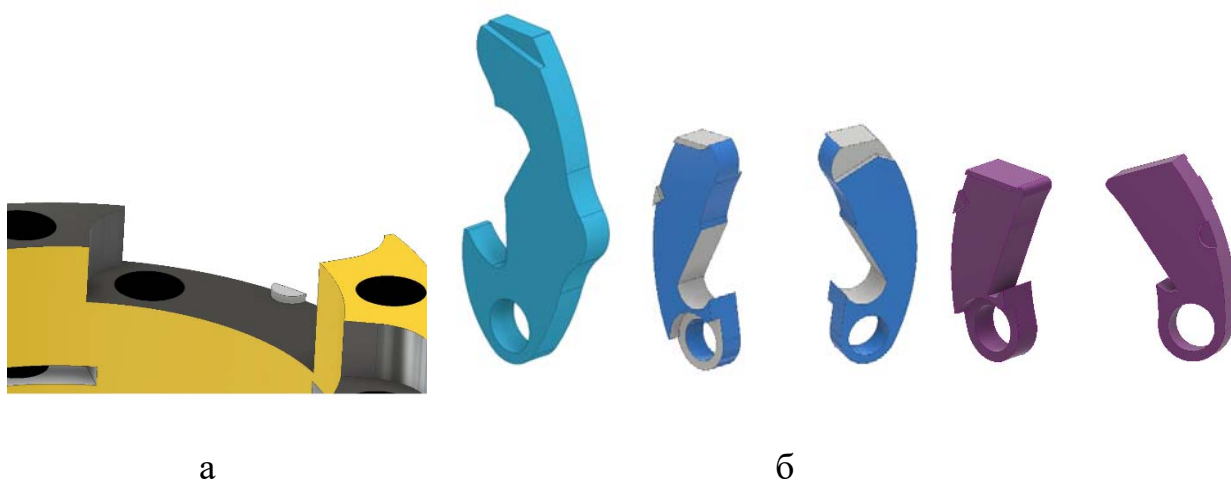


Рисунок 2.6 – Елементи обмеження рухомості

(а – виступи на поверхні фіксатора керна, б – виступи та пази на поверхні пелюсток)

Друга частина корпусу слугує для кріплення різальних елементів (рис.2.7) – три твердосплавні пластини (прямокутна форма, радіус вписаного кола 6.35 мм та задній кут 7 градусів), які сточено з боків на кут 2 градуси до трапецеїдальної

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

форми. Спосіб кріплення різальних елементів – гвинтом, такий метод дозволяє надійне кріплення, легке встановлення/демонтювання, а також простота методу дозволить уникнути проблем під час експлуатації.

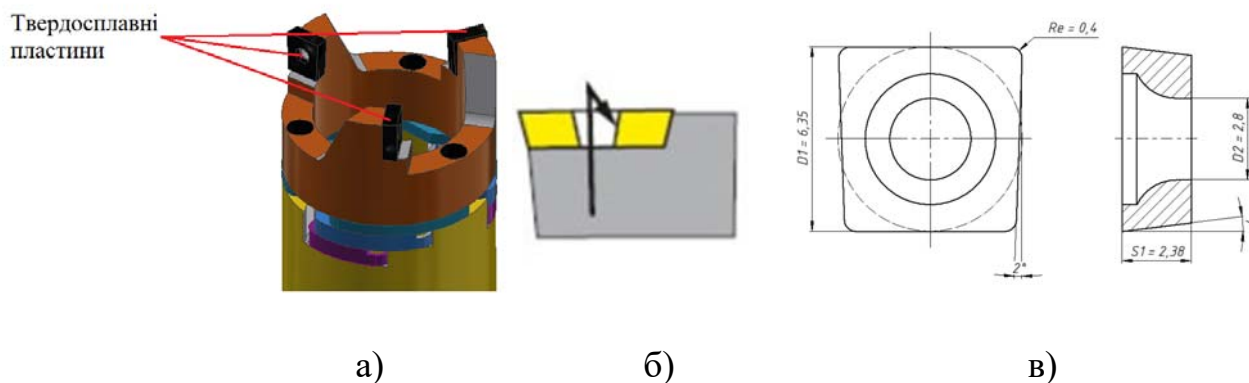


Рисунок 2.7 – Різальний елемент (а – бурильна головка з різальними елементами, б – кріплення, в – твердосплавна пластина)

В свою чергу геометрія коронки сформована таким чином, що пластини встановлюються під кутом відносно центру (рис.2.8) для виведення породи з під пластин назовні та не допускати змішування, а також нахилені на відповідні передні та задні кути. Кути нахилу пластин обрано згідно робочого середовища, при зміні умов роботи кути буде змінено відповідно.

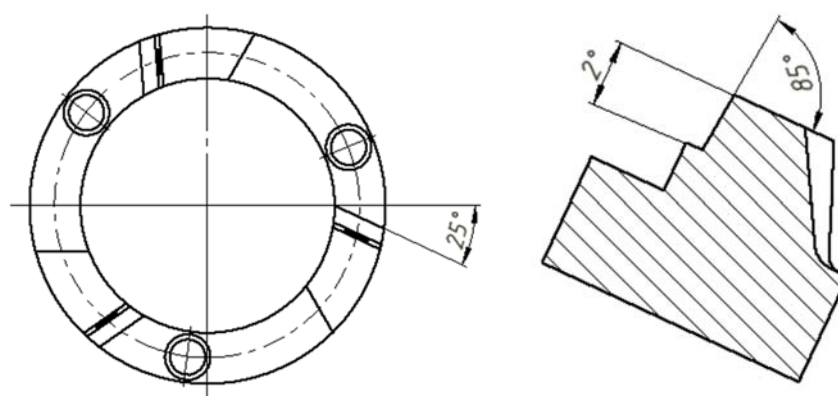


Рисунок 2.8 – Геометрія коронки

Розрахунок перекриття пелюсток.

За допомогою CAD систем було створену дану модель, тому нескладними маніпуляціями можливо визначити площу поверхні, що залишається відкритою після зведення пелюсток.

Отже, створюємо додаткову площину та проектуємо пелюстки з контуром корпусу на площину, а потім віднімаємо, таким чином отримуємо:

$$S_{\text{відкр.}} = \pi r^2 - S_{\text{пелюсток}} = 3.14 \cdot 25^2 - 1925.1 = 37.39 \text{ мм}^2$$

Звідси випливає $\frac{37.39}{3.14 \cdot 25^2} \cdot 100\% = 1.9\%$, тобто площа не перекритої ділянки незначна і втрати матеріалу будуть незначними, оскільки контур незакритої ділянки розподілений по площині отвору, а не сконцентрований місцево.

В результаті розробки та дослідження було створено конструкцію, яка здатна виконувати поставлені завдання в заданих умовах, а також система фіксації задовольняє ступенем перекриття отвору в закритому положенні.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Логічні умови процесу виготовлення

Для виготовлення корпусу бурильної головки необхідно створити технологічний процес виготовлення. Варто розглянути декілька варіантів, щоб потім, проаналізувавши, обрати найкращий варіант. Таким чином створимо чотири варіанти технологічного процесу та потім з них створимо один оптимальний з кращими параметрами.

Згідно конструкції інструмента, технічних вимог та нормативних документів формуємо технологічні вимоги:

A1. Твердість

A2. Корозійна стійкість

A3. Підвищений строк служби

A4. Зниження трудомісткості

A5. Підвищена продуктивність при виготовленні

A6. Знижена собівартість

A7. Підвищення екологічних норм при виготовленні

A8. Зменшення енергетичних витрат при виготовленні

A9. Підвищений коефіцієнт використання матеріалу

A10. Зменшення кількості операцій при виготовленні

A11. Виготовлення деталей працівниками низької кваліфікації

A12. Товарний вигляд

A13. Підвищена техніка безпеки

A14. Підвищена вібростійкість

A15. Підвищена міцність

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A16. Використання адитивних технологій для виготовлення складних деталей

A17. Підвищена точність розміщення отворів з'єднання частин

A18. Знижена якість невідповідальних поверхонь

A19. Підвищена стійкість інструмента

A20. Підвищена якість кріпильної частини

A21. Можливість використання в жорстких умовах

A22. Забезпечення правильного проходження стовпа ґрунту, без перемішування

Прийняті логічні умови розділяємо на три групи та заносимо до таблиці (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Групи логічних умов

Технологічні	Експлуатаційні	Економічні
A1, A4, A5, A7, A10, A16, A17, A18	A2, A13, A14, A15, A19, A20, A21, A22	A3, A6, A8, A9, A11, A12

3.2 Технологія виготовлення

Визначимо базові маршрути виготовлення:

M1, M2, M3 – технологічні процеси, які містить в собі операції механічної обробки.

M4 – технологічний процес який значно спрощено за рахунок використання сучасних методів виготовлення, а саме технології 3д друку металом.

Маршрути виготовлення детально розкриті в таблиці (табл.3.2).

Таблиця 3.2 – Технологічні процеси виготовлення

M1	M2	M3	M4
----	----	----	----

АМ1. Токарна обробка торця	АМ1.	АМ2. Фрезерування торця	А31. Друк на 3D принтері в металі
АМ3. Свердління внутрішнього отвору	АМ4. Розточування внутрішнього отвору	АМ3.	
АМ5. Точіння зовнішньої поверхні	АМ5.	АМ6. Точіння на верстаті з ЧПК	
АМ7. Фрезерування виступів для закріплення різальних пластин.	АМ8. Формування виступів електроерозією	АМ9. Фрезерування виступів на верстаті ЧПК	
АМ10. Фрезерування місць під пластини	АМ11. Формування пазів електроерозією	АМ12. Формування пазів на верстаті ЧПК	
АМ13. Свердління отворів для гвинта пластини	АМ13.	АМ14. Свердління отворів для гвинта пластини та нарізання різьби на верстаті з ЧПК	
АМ15. Нарізання різьби в отворах	АМ15.		
АМ16. Свердлими отвори під штифти	АМ17. Свердлими отвори під штифти та фрезерувати місце під головку штифта на верстаті з ЧПК	АМ16.	
АМ18. Фрезерувати місце під головку штифта		АМ18.	
АТ1. Гарт в маслі	АТ2. Гарт в соляній ванні	АТ3. Гарт в електроліті	АТ4. Гарт в воді
АМ19. Шліфування пазів під пластинки	АМ21. Шліфування пазів під пластинки та	АМ21.	АМ21.

АМ20. Шліфування кріпильної поверхні	кріпильної поверхні на верстаті ЧПК		
АП1. Пакування в картон	АП2. Пакування в дерево	АП3. Пакування в пінопласт	АП4. Пакування в друковану пластикову форму, що повторює форму виробу

Згідно існуючих даних створюємо граф (рис.3.1), який показує зв'язки переходів маршрутів та їх спільні елементи. Даний метод дозволяє наочно прослідкувати послідовність процесу оброблення.

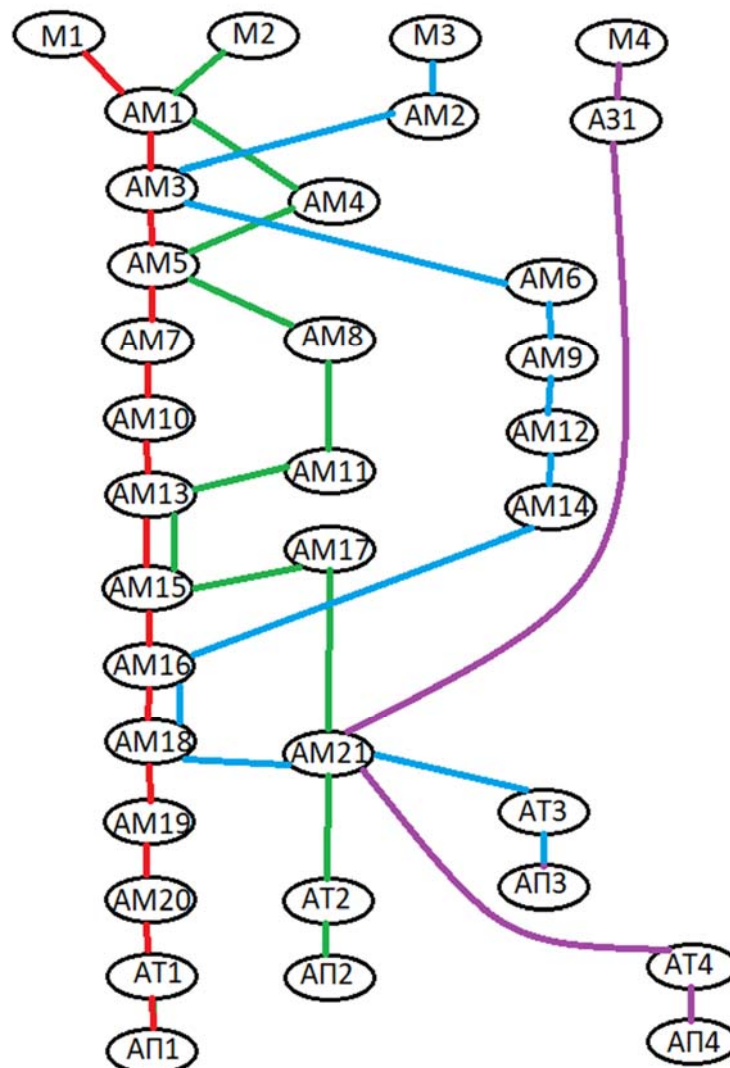


Рисунок 3.1 – Граф

Базові маршрути заносимо до таблиці (табл.3.3) та встановлюємо відповідність з операціями, які їм належать.

Таблиця 3.3 – Відповідність між технологічними процесами та маршрутами

Операції	M1	M2	M3	M4
A31				+
AM1	+	+		
AM2			+	
AM3	+		+	
AM4		+		
AM5	+	+		
AM6			+	
AM7	+			
AM8		+		
AM9			+	
AM10	+			
AM11		+		
AM12			+	
AM13	+	+		
AM14			+	
AM15	+	+		
AM16	+		+	
AM17		+		
AM18	+		+	
AM19	+			
AM20	+			
AM21		+	+	+
AT1	+			
AT2		+		
AT3			+	
AT4				+
АП1	+			
АП2		+		

АПЗ			+	
АП4				+

Розгорнутий опис операцій, оцінка технологічних маршрутів виготовлення корпусу за логічними критеріями. Проводимо аналіз відповідності логічним умовам кожної операції базових маршрутів відповідно табл.3.1. Формуємо табл.3.4 на основі попередніх даних.

Таблиця 3.4 – Відповідність операцій логічним умовам

Групи операцій	Код операцій	Зміст	Логічні критерії
Заготівельні	A31	Друк на 3D принтері в металі	A4 A5 A8 A9 A10 A13 A16
Механічні	AM1	Токарна обробка торця	A6 A11 A17 A20
	AM2	Фрезерування торця	A11 A17 A20
	AM3	Свердління внутрішнього отвору	A6 A11 A18 A22
	AM4	Розточування внутрішнього отвору	A6 A11 A22
	AM5	Точіння зовнішньої поверхні	A6 A11
	AM6	Точіння на верстаті з ЧПК	A4 A5 A13
	AM7	Фрезерування виступів для закріплення різальних пластин.	A6
	AM8	Формування виступів електроерозією	A18
	AM9	Фрезерування виступів на верстаті ЧПК	A4 A5 A13

	AM10	Фрезерування місць під пластини	A6 A11
	AM11	Формування пазів електроерозією	A18
	AM12	Формування пазів на верстаті ЧПК	A4 A5 A13
	AM13	Свердління отворів для гвинта пластини	A11 A17
	AM14	Свердління отворів для гвинта пластини та нарізання різьби на верстаті з ЧПК	A4 A5 A10 A11 A13 A17
	AM15	Нарізання різьби в отворах	A14 A17
	AM16	Свердлити отвори під штифти	A11 A17
	AM17	Свердлити отвори під штифти та фрезерувати місце під головку штифта на верстаті з ЧПК	A4 A5 A10 A11 A13 A17
	AM18	Фрезерувати місце під головку штифта	A17
	AM19	Шліфування пазів під пластинки	A17
	AM20	Шліфування кріпильної поверхні	A14 A17
	AM21	Шліфування пазів під пластинки та кріпильної поверхні на верстаті ЧПК	A4 A5 A10 A11 A13 A17
Термічні	AT1	Гарт в маслі	A1 A2 A3 A15 A19 A21

A31	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	2
AM1	1	1	-	-	1	1	-	-	2	2	-	-
AM2	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-
AM3	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	2	-
AM4	-	0	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-
AM5	0	0	-	-	0	0	-	-	2	2	-	-
AM6	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	0	-
AM7	0	-	-	-	0	-	-	-	1	-	-	-
AM8	-	1	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
AM9	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	0	-
AM10	0	-	-	-	0	-	-	-	2	-	-	-
AM11	-	1	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
AM12	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	0	-
AM13	1	1	-	-	0	0	-	-	1	1	-	-
AM14	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1	-
AM15	1	1	-	-	1	1	-	-	0	0	-	-
AM16	1	-	1	-	0	-	0	-	1	-	1	-
AM17	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
AM18	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
AM19	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
AM20	1	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-
AM21	-	4	4	4	-	1	1	1	-	1	1	1
AT1	1	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-
AT2	-	1	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-
AT3	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	1	-
AT4	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	1
API1	1	-	-	-	0	-	-	-	1	-	-	-
API2	-	1	-	-	-	0	-	-	-	1	-	-
API3	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-	0	-
API4	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	1
ΣCij	10	15	20	9	10	9	12	6	15	11	8	5
ΣAij	13	11	11	4	13	11	11	4	13	11	11	4
Ni	0,77	1,36	1,82	2,25	0,77	0,82	1,1	1,5	1,15	1	0,73	1,25

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З точки зору забезпечення виконання технологічних умов найбільш потужним є маршрут М3, експлуатаційних – М3, економічних – М1. Окремо слід виділити показники потужності технологічного процесу у випадку адитивного виробництва, показники даного методу перевершують традиційні методи механічної обробки в усіх розглянутих випадках. Далі необхідно провести аналіз загальної потужності маршрутів.

Розробимо оптимальний маршрут, проаналізувавши загальні потужності всіх технологічних процесів та визначимо загальну потужність оптимального маршруту (табл.3.6).

Таблиця 3.6 – Визначення загального значення потужності маршрутів

	A31	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8	AM9	AM10	AM11	AM12	AM13	AM14	AM15	AM16	AM17	AM18	AM19	AM20	AM21	AT1	AT2	AT3	AT4	API1	API2	API3	API4	Ni
M1	-	4	-	4	-	2	-	1	-	-	2	-	-	2	-	2	2	-	3	3	2	-	6	-	-	-	2	-	-	-	2,7
M2	-	4	-	-	3	2	-	-	1	-	-	1	-	2	-	2	-	6	-	-	-	6	-	6	-	-	-	2	-	-	3,2
M3	-	-	3	4	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	6	-	2	-	3	-	-	6	-	-	6	-	-	-	1	-	3,64
M4	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	6	-	-	-	1	5
M _{опт}	-	4	-	4	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	6	-	-	6	-	-	-	6	-	-	-	6	2	-	-	-	4,3

Проаналізувавши дані, сформовано оптимальний маршрут та розраховано потужності. Окремо розраховано загальну потужність технологічного процесу адитивного виробництва, для можливості порівняння з традиційними методиками.

Результати аналізу наведено на (рис.3.2), на якому можна спостерігати показники потужності кожного з маршрутів.

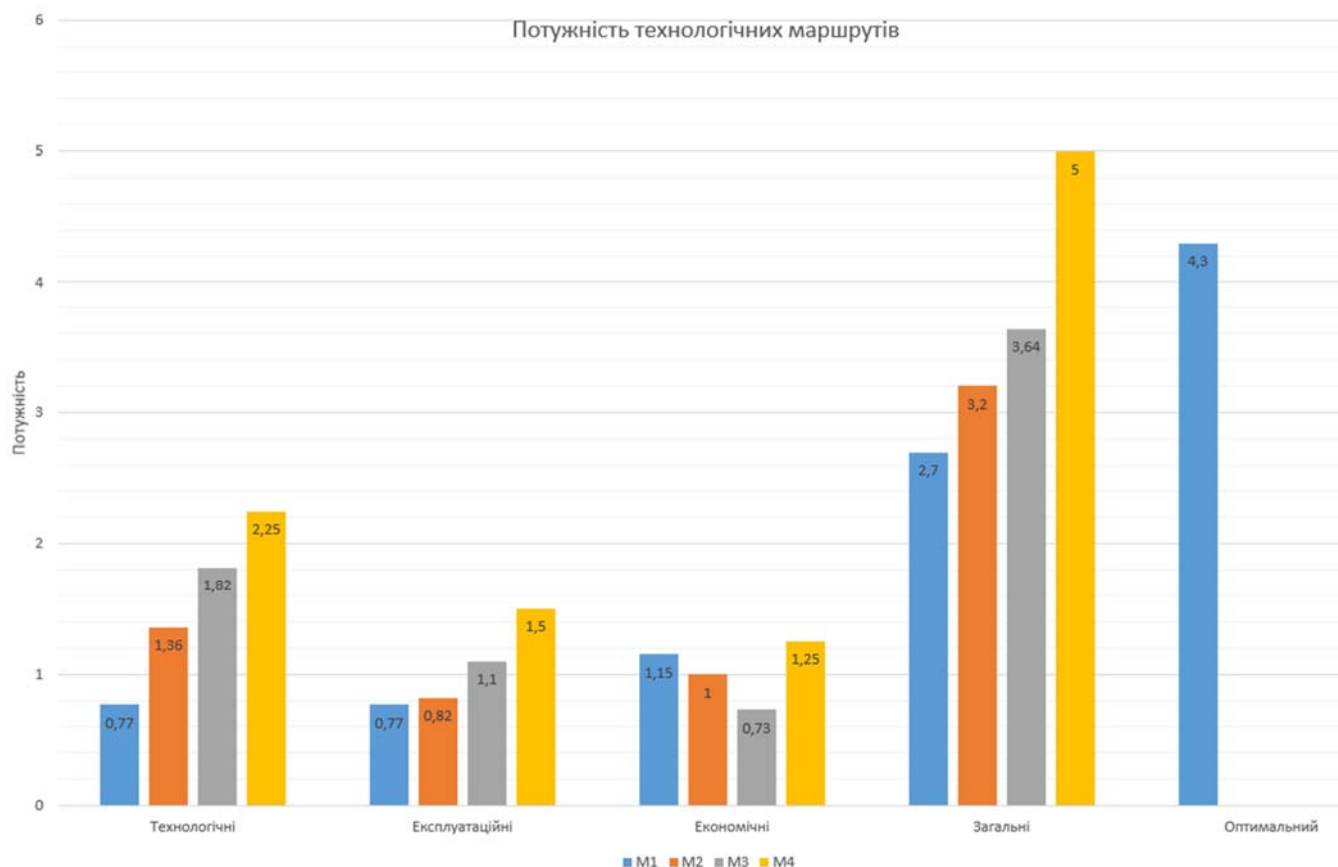


Рисунок 3.2 – Діаграма потужності

3.4 Розрахунок припусків

Наступним важливим етапом буде розрахунок припусків на оброблення поверхонь, приведемо розрахунок припуску для операцій технологічного процесу згідно [4].

Зовнішнє точіння на діаметр 35 мм.

$$2z_{i...min} = 2(R_{z(i-1)} + T_{(i-1)} + \rho_{(i-1)}) -$$

мінімальний припуск по діаметру;

$$\rho = \sqrt{\rho_K^2 + \rho_{Ц}^2}; \rho = \sqrt{65^2 + 25^2} = 69.6 \text{ мкм};$$

$$\rho_K = \Delta_K l = 1.3 \cdot 50 = 65 \text{ мкм} - \text{величина кривизни заготовки};$$

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1} = 0,25\sqrt{100^2 + 1} = 25 \text{ мкм} -$$

величина зміщення осі заготовки;

$T = 250 \text{ мкм}; R_z = 150 \text{ мкм}$ – якість поверхні заготовки;

$$2z_{i...min} = 2(150 + 250 + 69.6) = 939.3 \text{ мкм} -$$

мінімальний припуск на чорнову обробку;

$$T = 120 \text{ мкм}; R_z = 120 \text{ мкм} -$$

якість поверхні після чорнової обробки;

$$2z_{i...max} = 2z_{i...min} + \delta_{D(i-1)} + \delta_{Di} = 939.3 + 120 + 120 = 1\,179.3 \text{ мкм} -$$

максимальний припуск на чорнову обробку;

$$2z_{i...min} = 2(120 + 120 + 69.6) = 619.2 \text{ мкм} -$$

мінімальний припуск на напівчистову обробку;

Обробка торцю.

Якість поверхні $(R_z + T) = 0.2 \text{ мм};$

$$z_{i...min} = \left(R_{z(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) -$$

мінімальний припуск;

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{экс}}^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,5^2} = 559 \text{ мкм};$$

де $\rho_{\text{см}} = 0,25 \text{ мм}; \rho_{\text{экс}} = 0,5 \text{ мм};$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{\text{ц}}} = \sqrt{280^2 + 190^2} = 338 \text{ мкм} -$$

похибка встановлення;

$$z_{i...min} = 200 + \sqrt{559^2 + 338^2} = 853 \text{ мкм};$$

Розточування внутрішнього отвору.

$$2z_{i...min} = 2 \left(R_{z(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) -$$

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

мінімальний припуск по діаметру;

$R_z = 50 \text{ мкм}, T = 70 \text{ мкм}$ – якість поверхні після свердління;

$$\rho = \sqrt{(\Delta_y l)^2 + C_0^2} = \sqrt{(0.9 \cdot 51)^2 + 25^2} = 52.3 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6 + \varepsilon_{\text{ц}}} = \sqrt{280^2 + 190^2} = 338 \text{ мкм} -$$

похибка встановлення;

$$2z_{i...min} = 2 \left(50 + 70 + \sqrt{52,3^2 + 338^2} \right) = 462 \text{ мкм.}$$

В таблицях наведено розраховані та табличні дані для точіння зовнішньої поверхні (табл.3.7), розточування (табл.3.8) та торцевої обробки (табл.3.9).

Таблиця 3.7 – Припуск на токарне оброблення

Технологічні операції та переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрахунковий мінімальний р-р, мм	Допуск, TD, мкм	Прийняті (заокруглені) розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{max}	D_{min}	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
Точіння чорнове	150	250	69,6	—	939,3	35	250	36	35,74	1179,3	939,3
Точіння напівчистове	120	120	69,6	—	619,2	35	120	35,12	35	739,2	619,2
										1918,5	1558,5

Таблиця 3.8 – Припуск на розточування

Технологічні операції та переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний r -р, мм	Допуск, TD, мкм	Прийняті (заокруглені) розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{\max}	D_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Розточування	50	70	52,3	338	462	30	70	30,07	30	532	462

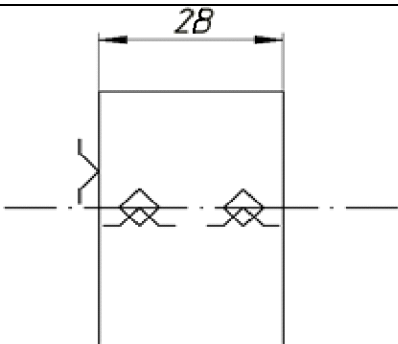
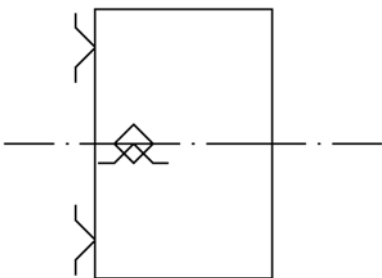
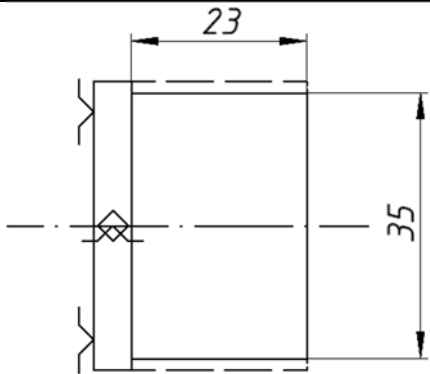
Таблиця 3.9 – Припуск на торцеве оброблення

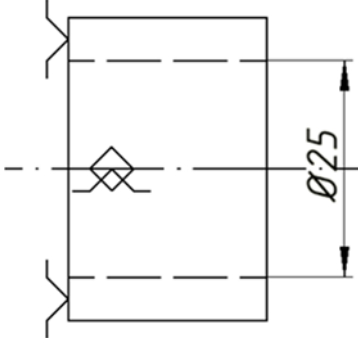
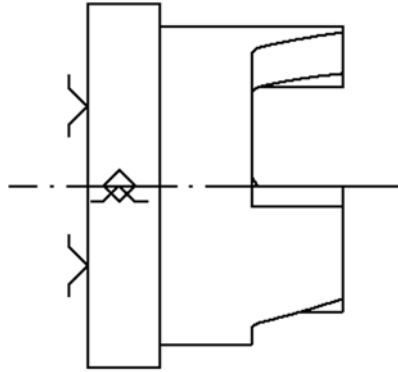
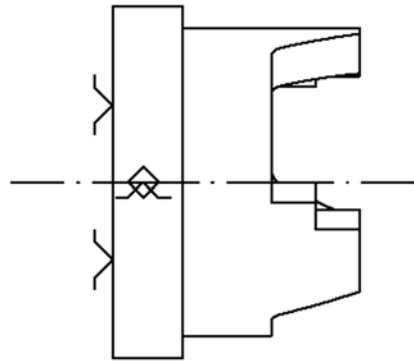
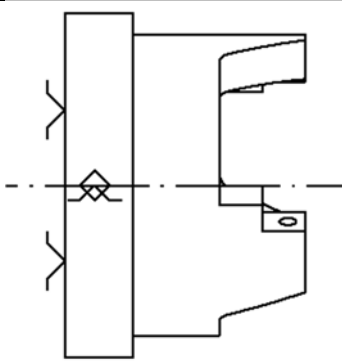
Технологічні операції та переходи обробки елементарних поверхонь	Елементи припуску			Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний r -р, мм	Допуск, TD, мкм	Прийняті (заокруглені) розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z+T	ρ	ε				D_{\max}	D_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Торець	200	559	338	853	51	200	51,2	51	1053	853

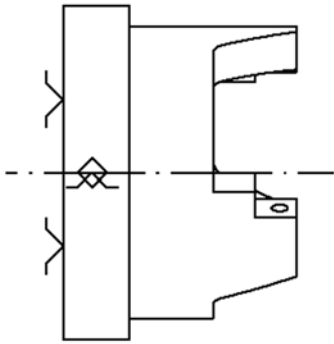
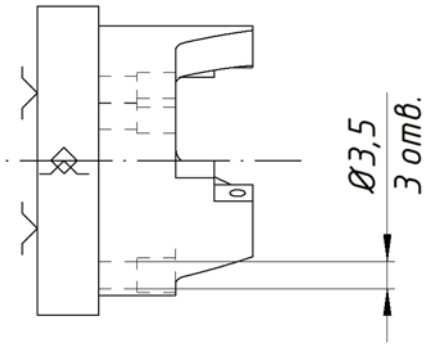
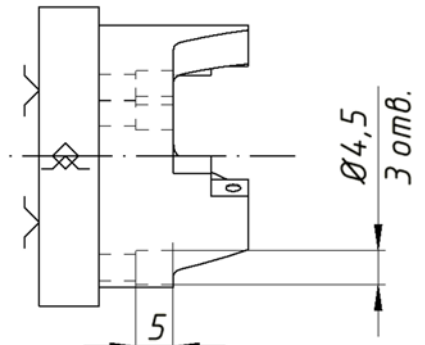
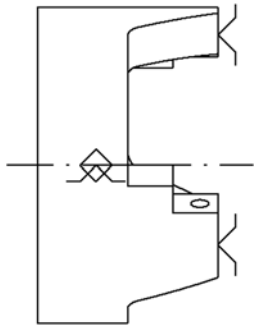
3.5 Технологічний процес

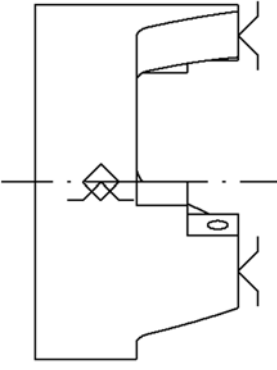
Технологічний процес (табл.3.10). Обробка коронки розкрита поетапно з зазначенням виду інструмента, верстата та пристосування, а також вказано ескіз операцій.

Таблиця 3.10 – Технологічний процес виготовлення коронки

№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Відрізання заготовки на довжину 28 мм		Відрізний верстат; пилка сегментна	Тиски з призмою
010	Токарна обробка торця з боку розташування різальних елементів		Токарний верстат; різець підрізний	Трикулачковий патрон
020	Точіння зовнішнього контуру на діаметр 35 мм		Токарний верстат HAAS CL-1; різець прохідний упорний	Трикулачковий патрон

030	Свердління внутрішнього отвору діаметром 25 мм		Токарно- револьверний верстат; свердло Ø25 P6M5	Трикулачковий патрон
040	Фрезерування елементів для кріплення різальних елементів		Фрезерний верстат з ЧПК; фреза кінцева	Спеціальне пристосування
050	Фрезерування місць під різальні елементи		Фрезерний верстат з ЧПК; фреза кінцева	Спеціальне пристосування
060	Свердління отворів для кріплення різальних елементів		Вертикально фрезерний верстат; свердло	Спеціальне пристосування

070	Нарізання різьби в отворах для кріплення різальних елементів		Вертикально фрезерний верстат з ЧПК; мітчик	Спеціальне пристосування
080	Свердління отворів під штифти		Вертикально фрезерний верстат з ЧПК; свердло	Спеціальне пристосування
090	Фрезерувати місце під головку штифта		Фрезерний верстат з ЧПК; фреза кінцева	Спеціальне пристосування
095	Відрізання		Токарний верстат; різець відрізний	Трикулачковий патрон
100	Гартування		Піч	

110	Шліфування кріпильної поверхні		Шліфувальний верстат з ЧПК; шліфувальний круг	Спеціальне пристосування
120	Контроль деталі			
130	Пакування			

3.6 Розрахунок режимів різання

Після розрахунку припусків можна провести розрахунок режимів різання інструменту при обробці поверхонь інструмента [8].

Точіння зовнішньої поверхні на $\varnothing 35$ мм (різець з пластиною Т15К6).

$$S_T = 0.5 \frac{\text{мм}}{\text{об}} - \text{подача};$$

$$V = \frac{C_V}{T^{m_T} S^x} K_{\mu V} K_{nV} K_{uV};$$

$$K_{\mu V} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0.8 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1;$$

$$V = \frac{350}{40^{0.2} 2.5^{0.15} 0.5^{0.35}} \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 1 = 167.3 \frac{\text{м}}{\text{хв}} - \text{швидкість різання};$$

$$P_{xyz} = 10 C_p t^x S^y V^n K_{mP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{rP}; K_{mP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0.75};$$

коефіцієнти зазначено в табл.3.11.

Таблиця 3.11 – Коефіцієнти токарного оброблення

	C_p	x	y	n	K_{mP}	$K_{\phi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}
--	-------	-----	-----	-----	----------	--------------	----------------	-----------------	----------

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ				Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

<i>z</i>	300	1	0.75	-0.15	0.85	0.89	1.1	1	0.93
<i>y</i>	243	0.9	0.6	-0.3	0.85	0.5	1.4	1.25	0.82
<i>x</i>	339	1	0.5	-0.4	0.85	1.17	1.4	0.85	1

Тангенційна сила:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2.5^1 \cdot 0.5^{0.75} \cdot 167.3^{-0.15} \cdot 0.85 \cdot 0.89 \cdot 1.1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 1\,601.21 \text{ Н};$$

Радіальна сила:

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2.5^{0.9} \cdot 0.5^{0.6} \cdot 167.3^{-0.3} \cdot 0.85 \cdot 0.5 \cdot 1.4 \cdot 1.25 \cdot 0.82 = 480.1 \text{ Н};$$

Осьова сила:

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2.5^1 \cdot 0.5^{0.5} \cdot 167.3^{-0.4} \cdot 0.85 \cdot 1.17 \cdot 1.4 \cdot 0.85 \cdot 1 = 914.9 \text{ Н};$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z V}{1\,020 \cdot 60} = \frac{1\,601.21 \cdot 167.3}{1\,020 \cdot 60} = 4.38 \text{ кВт.}$$

Свердління отвору $\varnothing 25$ мм (свердло $\varnothing 25$ мм, Р6М5).

$$S = 0.25 \frac{\text{мм}}{\text{об}} - \text{подача};$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{lV} = \frac{9.8 \cdot 25^{0.4}}{50^{0.2} \cdot 0.25^{0.5}} \cdot 0.86 \cdot 1 \cdot 1 = 27.93 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0.7 \left(\frac{750}{600} \right)^{0.9} = 0.86;$$

$$M_{KP} = 10 C_M D^q S^y K_P; \quad P_0 = 10 C_P D^q S^y K_P; \quad K_P = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0.75} = 0.85;$$

$$M_{KP} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 25^2 \cdot 0.25^{0.8} \cdot 0.85 = 60.46 \text{ Нм} - \text{крутний момент};$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 25^1 \cdot 0.25^{0.7} \cdot 0.85 = 5\,475.5 \text{ Н} - \text{осьова сила.}$$

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Токарне оброблення торця (різець з пластиною T15K6).

Обираємо рекомендовану подачу при обробленні торцевої поверхні:

$$S_T = 0.25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Швидкість різання при підрізанні торцю рекомендовано обрати на 20% більшу ніж при обробленні зовнішньої циліндричної поверхні, тому

$$V = 1.2 \cdot 167.3 = 201 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, n = \frac{1000 \cdot 201}{3.14 \cdot 35} = 1830 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Фрезерування елементів різальної частини (фреза зі швидкорізальної сталі діаметром 20 мм).

$$L_{p.x.} = L_{\text{рез}} + y - \text{довжина робочого ходу}, \quad L_{p.x.} = 15.34 + 6 = 21.34 \text{ мм};$$

де $L_{\text{рез}} = 15.34$ мм – довжина різання, $y = 6$ мм – величина перебігу.

$b_{\text{ср}} = 10$ мм – середня ширина фрезерування.

Подачу на зуб обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

$S_Z = 0.15 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$ при умові, що оброблення проводиться фрезою зі швидкорізальної сталі діаметром 20 мм.

Стійкість інструмента $T_p = K_\phi (T_{M1} + T_{M2} + \dots) \lambda$, де $K_\phi = 1$ оскільки використовуємо один інструмент, T_{M1}, T_{M2} – стійкість кожної з фрез, $T_{M1} = 60$ хв,

$$\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{p.x.}} = \frac{15.34}{21.34} = 0.72 - \text{коефіцієнт часу інструменту}, \quad T_p = 1 \cdot 60 \cdot 0.72 = 43.1 \text{ хв}.$$

Швидкість різання обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

$$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3, \quad V_{\text{табл}} = 37 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_1 – залежить від розмірів оброблення, $K_1 = 1$,

K_2 – залежить від стану оброблюваної поверхні та твердості, $K_2 = 0.55$,

K_3 – залежить від стійкості матеріала інструмента, $K_3 = 1.15$,

$$V = 37 \cdot 1 \cdot 0.55 \cdot 1.15 = 27.65 \text{ м/хв}$$

Число обертів шпинделя $n = \frac{1000V}{\pi D}$, $n = \frac{1000 \cdot 27.65}{3.14 \cdot 20} = 440 \text{ об/хв}$

Немає необхідності встановлювати відповідність з частотою обертання верстата, оскільки сучасні верстати дозволяють обирати будь-які величини.

Хвилинна подача $S_M = S_Z \cdot z_U \cdot n$, $S_M = 0.15 \cdot 3 \cdot 440 = 198 \text{ мм/хв}$, де $z_U = 3$ – кількість різальних елементів.

Розрахунок основного машинного часу $t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_M}$, $t_M = 2 \cdot \frac{21.34}{198} = 0.22 \text{ хв}$.

Потужність різання $N_{\text{рез}} = E \frac{v \cdot t \cdot z_U}{1000} K_1 K_2$, $N_{\text{рез}} = 1.4 \frac{27.65 \cdot 5 \cdot 3}{1000} 1.15 \cdot 1 = 0,67 \text{ кВт}$.

де E – таблична величина, $E = 1.4$, $K_1 = 1.15$, $K_2 = 1$.

Фрезерування поверхні під твердосплавну пластину (фреза зі швидкорізальної сталі діаметром 20 мм).

$L_{p.x.} = L_{\text{рез}} + y$ – довжина робочого ходу, $L_{p.x.} = 5.5 + 6 = 11.5 \text{ мм}$;

де $L_{\text{рез}} = 5.5 \text{ мм}$ – довжина різання, $y = 6 \text{ мм}$ – величина перебігу.

$b_{\text{ср}} = \frac{F}{L_{\text{різ}}}$, $b_{\text{ср}} = \frac{28}{5.5} = 5.1 \text{ мм}$ – середня ширина фрезерування.

Подачу на зуб обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

$S_Z = 0.2 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$ при умові, що оброблення проводиться фрезою зі швидкорізальної сталі діаметром 20 мм.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стійкість інструмента $T_p = K_\phi(T_{M1} + T_{M2} + \dots)\lambda$, де $K_\phi = 1$ оскільки використовуємо один інструмент, T_{M1}, T_{M2} – стійкість кожної з фрез, $T_{M1} = 60$ хв,
 $\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{p.x.}} = \frac{5.5}{11.5} = 0.48$ – коефіцієнт часу інструменту, $T_p = 1 \cdot 60 \cdot 0.48 = 28.7$ хв.

Швидкість різання обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

$$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3, \quad V_{\text{табл}} = 35 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де K_1 – залежить від розмірів оброблення, $K_1 = 1.2$,

K_2 – залежить від стану оброблюваної поверхні та твердості, $K_2 = 0.55$,

K_3 – залежить від стійкості матеріала інструмента, $K_3 = 1.15$,

$$V = 35 \cdot 1.2 \cdot 0.55 \cdot 1.15 = 26.56 \text{ м/хв}$$

Число обертів шпинделя $n = \frac{1000V}{\pi D}, n = \frac{1000 \cdot 26.56}{3.14 \cdot 20} = 425$ об/хв

Немає необхідності встановлювати відповідність з частотою обертання верстата, оскільки сучасні верстати дозволяють обирати будь-які величини.

Хвилинна подача $S_M = S_Z \cdot z_U \cdot n$, $S_M = 0.2 \cdot 3 \cdot 425 = 255$ мм/хв, де $z_U = 3$ – кількість різальних елементів.

Розрахунок основного машинного часу $t_M = \frac{L_{p.x.}}{S_M}$, $t_M = \frac{11.5}{255} = 0.045$ хв.

Потужність різання $N_{\text{рез}} = E \frac{v \cdot t \cdot z_U}{1000} K_1 K_2$, $N_{\text{рез}} = 0.6 \frac{26.56 \cdot 2 \cdot 3}{1000} 1.2 \cdot 1 = 0,12$ кВт.
 де E – таблична величина, $E = 0.6$, $K_1 = 1.2$, $K_2 = 1$.

Свердління отвору для кріплення твердосплавної пластини (свердло $\varnothing 2$ мм зі швидкорізальної сталі).

$L_{p.x.} = L_{\text{рез}} + y$ – довжина робочого ходу, $L_{p.x.} = 4 + 1.5 = 5.5$ мм;

де $L_{\text{рез}} = 4$ мм – довжина різання, $y = 1.5$ мм – величина перебігу.

Подачу обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_Z = 0.04 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

Стійкість інструмента $T_p = T_M \lambda$, де T_M – стійкість інструмента, $T_M = 20$ хв, $\lambda =$

$$\frac{L_{\text{рез}}}{L_{p.x.}} = \frac{4}{5.5} = 0.73 \text{ – коефіцієнт часу інструменту, } T_p = 20 \cdot 0.73 = 14.6 \text{ хв.}$$

Швидкість різання обираємо рекомендовану згідно до табличних значень

$$V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3, \quad V_{\text{табл}} = 22 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де K_1 – залежить від оброблюваного матеріалу, $K_1 = 0.65$,

K_2 – залежить від стійкості матеріала інструмента, $K_2 = 1.5$,

K_3 – залежить від відношення довжини різання до діаметра оброблення,

$$K_3 = 1,$$

$$V = 22 \cdot 0.65 \cdot 1.5 \cdot 1 = 21.45 \text{ м/хв}$$

$$\text{Число обертів шпинделя } n = \frac{1000V}{\pi d}, n = \frac{1000 \cdot 21.45}{3.14 \cdot 2} = 3415 \text{ об/хв}$$

$$\text{Розрахунок основного машинного часу } t_M = \frac{L_{p.x.}}{n S_o}, \quad t_M = \frac{5.5}{3415 \cdot 0.04} = 0.04 \text{ хв}$$

Нарізання різьби М2.5х0.45 для кріплення твердосплавної пластини (машинний мітчик М2.5х0.45).

$$L_{p.x.} = L_{\text{рез}} + y \text{ – довжина робочого ходу, } L_{p.x.} = 4 + 1.5 = 5.5 \text{ мм;}$$

де $L_{\text{рез}} = 4$ мм – довжина різання, $y = 1.5$ мм – величина перебігу.

$$\text{Подача інструмента під час нарізання різьби } S = 0.45 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

$$\text{Швидкість різання } V = \frac{1.6 \cdot d^{0.72}}{p^{0.53}}, \quad V = \frac{1.6 \cdot 2.5^{0.72}}{0.45^{0.53}} = 4.7 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

$$\text{Число обертів шпинделя } n = \frac{1000V}{\pi d}, n = \frac{1000 \cdot 4.7}{3.14 \cdot 2.5} = 600 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Розрахунок основного машинного часу } t_M = \frac{2L_{p.x.}}{nS}, \quad t_M = \frac{2 \cdot 5.5}{600 \cdot 0.45} = 0.04 \text{ хв.}$$

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крутний момент $M_{кр} = M_{кр(табл)} K_1 K_2$, $M_{кр(табл)} = 22 \text{ кГ} \cdot \text{см}$,

де K_1 – залежить від діаметра різьби, $K_1 = 0.5$,

K_2 – залежить від оброблюваного матеріалу, $K_2 = 1.1$,

$$M_{кр} = 22 \cdot 0.5 \cdot 1.1 = 12.1 \text{ кГ} \cdot \text{см}.$$

Потужність різання $N_{рез} = \frac{M_{кр} n}{97400}$, $N_{рез} = \frac{12.1 \cdot 600}{97400} = 0.08 \text{ кВт}$.

Шліфування торцевої поверхні. Круг для шліфування тарілчастий 2ТП, діаметр – 55 мм, висота – 15 мм, діаметр кріпильного отвору – 10 мм, матеріал зерна – електрокорунд 14А, зернистість – 40, твердість – СМ2, зв'язка – керамічна К8.

Швидкість круга обираємо рекомендоване значення $V_K = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Подачу обираємо рекомендовану: повздовжня подача – 4 м/хв, поперечна – 0.05 мм/подв.хід.

Частота обертання круга $n_K = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_K}{\pi \cdot D_K}$; $n_K = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 55} = 6950 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Швидкість обертання деталі $V_d = (C_v \cdot D^K) / (T^m \cdot t^x \cdot B^y) \text{ м/хв}$, де $C_v = 0.24$, $K = 0.3$, $m = 0.5$, $x = 1$, $y = 1$, $T = 15 \text{ хв}$.

$$V_d = \frac{0.24 \cdot 55^{0.3}}{15^{0.5} \cdot 0.2 \cdot 5} = 0.2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Частота обертання деталі $n_d = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D_{сер}}$; $n_d = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0.2}{3.14 \cdot 30} = 127.4 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$,

$$\text{де } d_{сер} = \frac{35 + 25}{2} = 30 \text{ мм}.$$

В результаті роботи над технологічною частиною було отримано дані припусків та режимів при обробленні елементів конструкції інструмента. Також було сформовано технологію виготовлення коронки бурильної головки та проаналізовано показники потужності різних варіантів технологічних процесів.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРИСТОСУВАННЯ

4.1 Опис концепції та підбір компонентів

На будь-якому сучасному підприємстві застосовується технологічне оснащення. Від того, якою якістю вона володіє, і від своєчасного оснащення нею всіх необхідних робочих місць безпосередньо залежить результат виробництва і якість продукції, що випускається. Це пов'язано зі зниженням часу на виконання ручних операцій дозволяє зменшити трудомісткість, істотно збільшити надійність і точність під час виробництва готової продукції. Така технологічна оснащення на підприємстві дозволяє мінімізувати випуск бракованих виробів, спрощує процес виробництва і збільшує продуктивність праці. Ще вона формує основу для багатOVERSTATного виробництва.

Виробництво і проектування технологічної оснастки є досить трудомістким процесом. Тут необхідно постійно застосовувати найпередовіші та сучасні досягнення науки і техніки та висока кваліфікація робітників.

На рис.4.1 показано частину корпусу бурильної головки. Задачею до виконання є обробка внутрішнього отвору та пазів під пелюстки та кріплення суміжних частин. Заготовка на обробку для цієї операції – тіло обертання, можливим варіантом встановлення для обробки вказаних поверхонь може бути трикулачковий патрон встановлений на плиті верстата з ЧПК.

Отже, основним завданням цієї роботи буде створення деталі, яка виконуватиме роль перехідного елемента для закріплення трикулачкового патрона на плиті верстата ЧПК. Під час проектування та розрахунку слід врахувати можливі похибки базування заготовки та пристосування, які мають бути мінімального значення.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

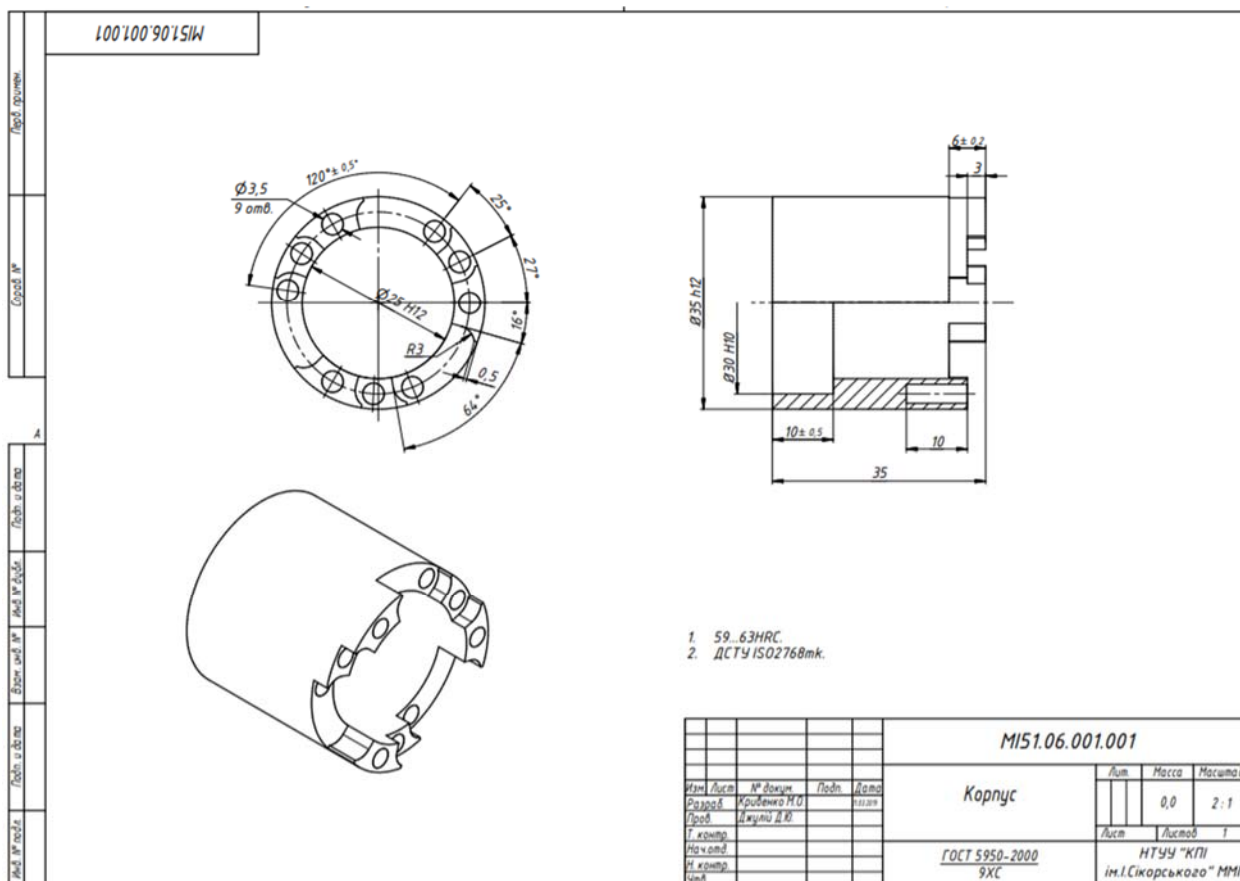


Рисунок 4.1 – Корпус

Оброблювана заготовка є тілом обертання, тому обираємо схему базування по короткому циліндру. Схема базування вказана на рис.4.2.

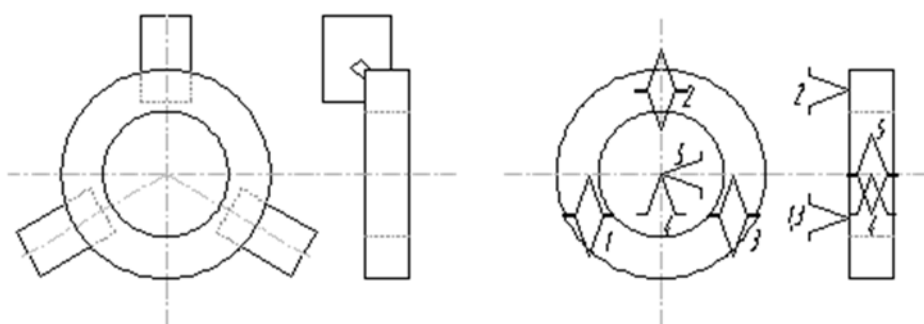


Рисунок 4.2 – Схема базування

При обраній схемі базування по циліндру в трикулачковому патроні. При такому варіанті встановлення похибки дорівнюють:

- Похибка встановлення по діаметру. В даному випадку буде дорівнювати допуску на зовнішній діаметр, згідно ЕСКД допуск на розмір 35h12 рівний 250 мкм ($\epsilon_B = 250$ мкм).

- Похибка встановлення по довжині. Згідно [5] для заготовок литих, штампованих – 120 мкм ($\epsilon_B = 120$ мкм).

Пристосування для закріплення заготовки – трикулачковий самоцентрівний патрон. Для встановлення його на плиту верстата з ЧПК необхідно розробити пристосування. Оскільки у трикулачкового патрона встановлення здійснюється на конус із кріпленням гвинтами, то необхідно передбачити цей момент на розроблюваному пристосуванні та утворити відповідний конус 1:5. Саме пристосування буде закріплене на столі верстата за рахунок пальця та напрямних сухарів. «Палець» (рис.4.3) має встановлюватись попередньо та проведено визначення центру, щоб після встановлення пристосування було можливе досягнення високої точності обробки. Напрямні сухарі дозволять визначити положення пристосування на поверхні плити верстата.

Обрано токарний самоцентрівний патрон 160 мм. Кулачки патрона необхідно розточити до діаметра 35 мм, для точності встановлення. А також в результаті отримуємо упорну поверхню на кулачках для фіксації положення заготовки в осьовому напрямку.

Стіл верстата з ЧПК обрано квадратний з пазами 14 мм. Пристосування (рис.4.4) буде пригвинчено до столу інструментальними гвинтами.

Згідно принципової схеми було виконано проектування відповідних елементів пристосування.

Розміри та конструкція «пальця» були обрані з каталога стандартних виробів [9].

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

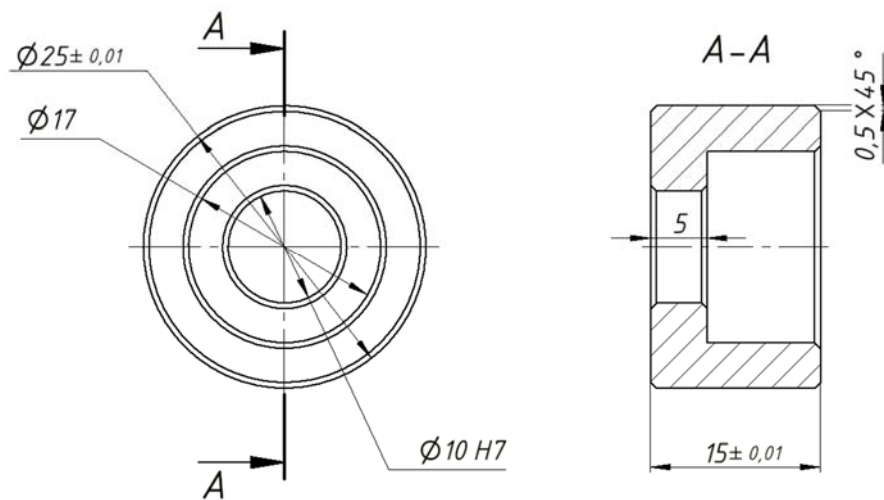


Рисунок 4.3 – Палець

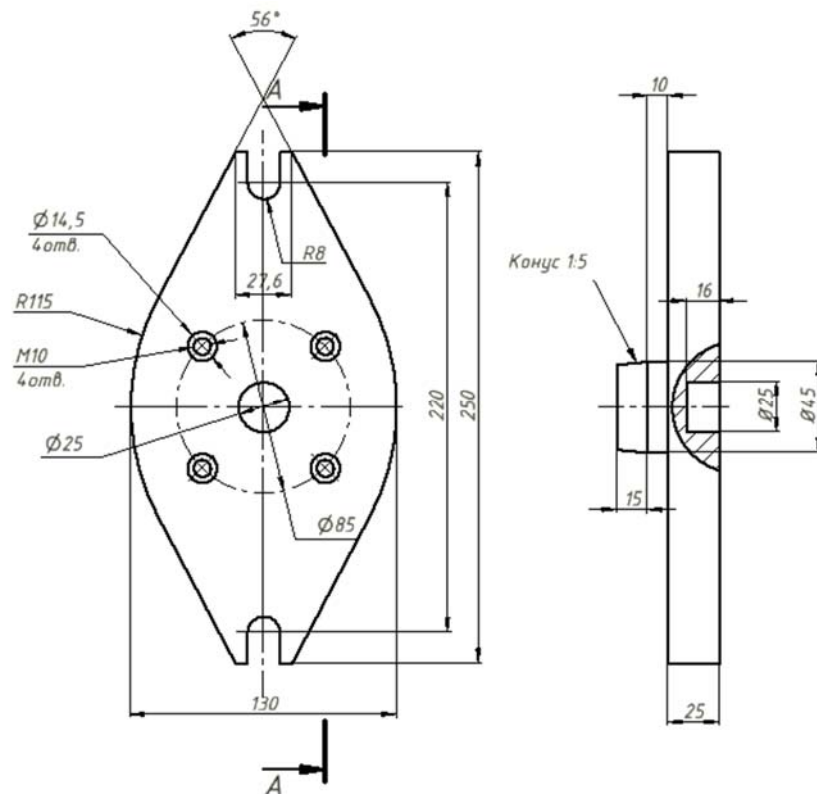


Рисунок 4.4 – Пристосування

Шпонки (рис.4.5) для встановлення пристосування було обрано згідно [10] та обрано відповідні розміри.

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

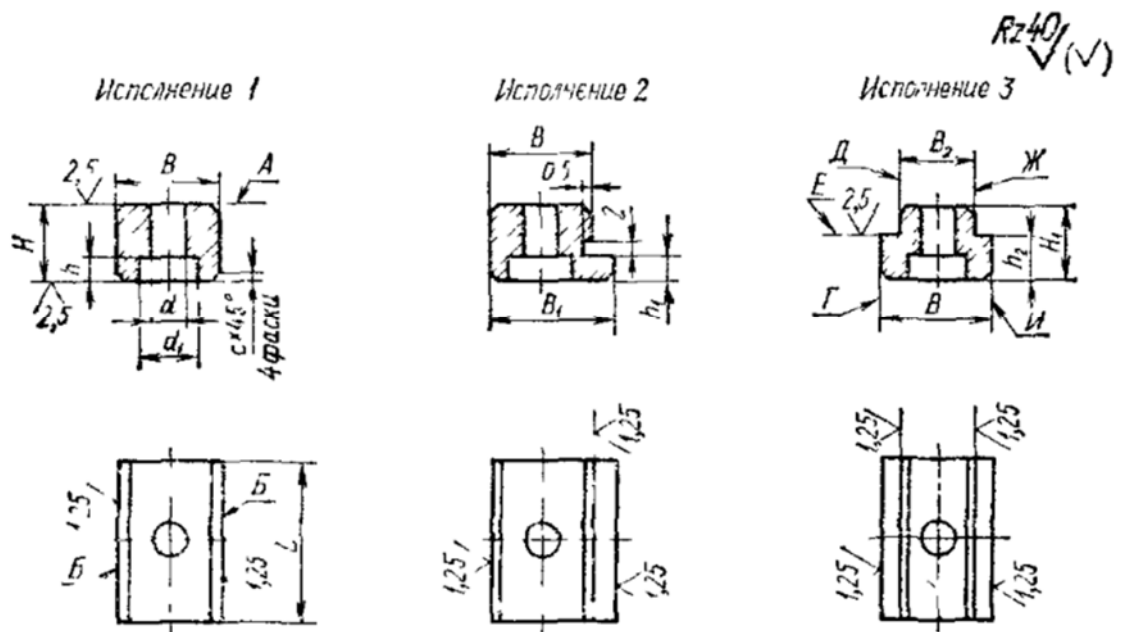


Рисунок 4.5 – Шпонки

Для центрування «пальця» обрано виконання №3, а в якості напрямних сухарів обираємо виконання №1.

4.2 Силовий розрахунок, визначення сил затиску заготовки

Для розрахунку сил затиску для обробки деталі заготовки необхідно розрахувати сили та моменти процесу обробки.

Свердління отвору $\varnothing 25$ мм (свердло $\varnothing 25$ мм, P6M5)

$$S = 0.25 \frac{\text{мм}}{\text{об}} - \text{подача};$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{lV} = \frac{9.8 \cdot 25^{0.4}}{50^{0.2} \cdot 0.25^{0.5}} \cdot 0.86 \cdot 1 \cdot 1 = 27.93 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = 0.7 \left(\frac{750}{600} \right)^{0.9} = 0.86;$$

$$M_{KP} = 10C_M D^q S^y K_P; \quad P_0 = 10C_P D^q S^y K_P; \quad K_P = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0.75} = 0.85;$$

$$M_{KP} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 25^2 \cdot 0.25^{0.8} \cdot 0.85 = 60,46 \text{ Нм} - \text{крутний момент};$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 25^1 \cdot 0.25^{0.7} \cdot 0.85 = 5\,475,5 \text{ Н} - \text{осьова сила}.$$

Знаючи значення сил різання, які виникають під час оброблення, можна розрахувати сили затиску необхідні при обробленні.

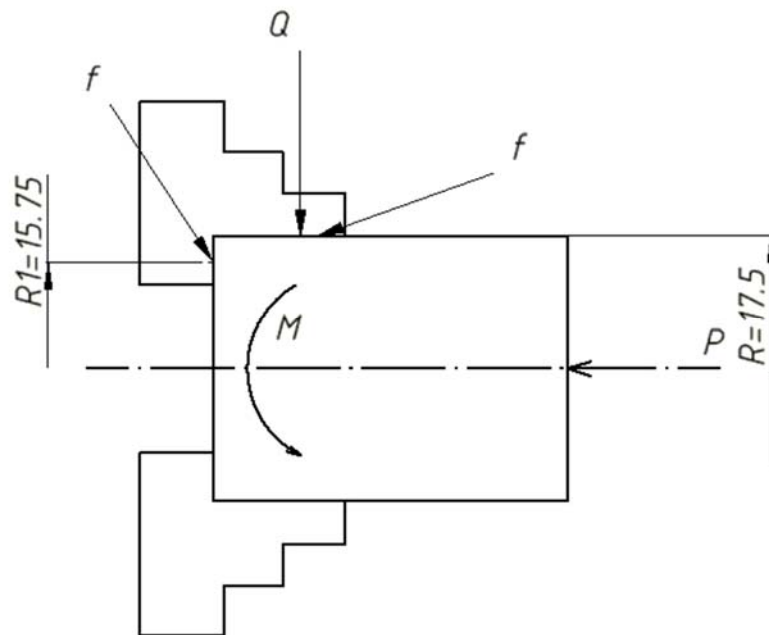


Рисунок 4.6 – Схема сили затиску

Відповідно до рис.4.6, знаємо значення $M_{KP} = 60,46 \text{ Нм}$, $P_0 = 5.4 \text{ кН}$, $f = 0.2 \dots 0.25$ при умові тертя метал по металу, радіуси відповідних елементів вказано.

$$Q = \frac{KM - fR_1P}{3fR - 3f^2R_1}; \quad Q = \frac{4.86 \cdot 60.5 - 0.2 \cdot 15.75 \cdot 5\,400}{3 \cdot 0.2 \cdot 17.5 - 3 \cdot 0.2^2 \cdot 15.75} = 1.9 \text{ кН}$$

Розраховуємо коефіцієнт запасу:

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5; K = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1.5 = 4.86.$$

Результатом роботи є пристосування перехідна плита, яка дозволить встановити трикулачковий патрон на стіл верстата з ЧПК та проводити оброблення елементів інструмента з мінімальними похибками. Також було визначено значення сили затиску при обробленні, величина якої була встановлена на основі сил різання під час оброблення.

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

5 ВИГОТОВЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК. ПРОГРАМА ОБРОБКИ

Для виготовлення деталей на верстатах з ЧПК сучасні системи використовують мову програмування, а саме G-код. Обробка на таких верстатах дозволить скоротити час на оброблення виготовлюваної одиниці.

Таким чином, для виготовлення кожного елемента збірки необхідно згенерувати відповідний G-код, обравши відповідні інструменти, верстати та режими.

Для створення G-коду скористаємося можливостями САМ програм, які дозволяють моделювати процес оброблення при наявності 3D моделі необхідної деталі.

Беремо раніше створену модель корпусу для встановлення різальних елементів (рис.6.1).

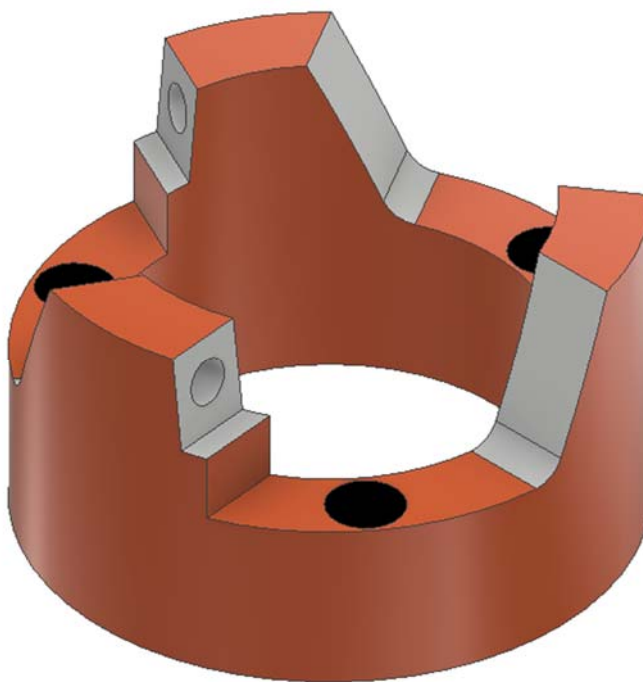


Рисунок 6.1 – Корпус для кріплення різальних елементів

Спочатку необхідно створити новий процес «New setup» (рис.6.2), в якому зазначаємо спосіб оброблення, обираємо верстат «Turning or mill/turn» та заготовку над якою будуть проведені операції оброблення.

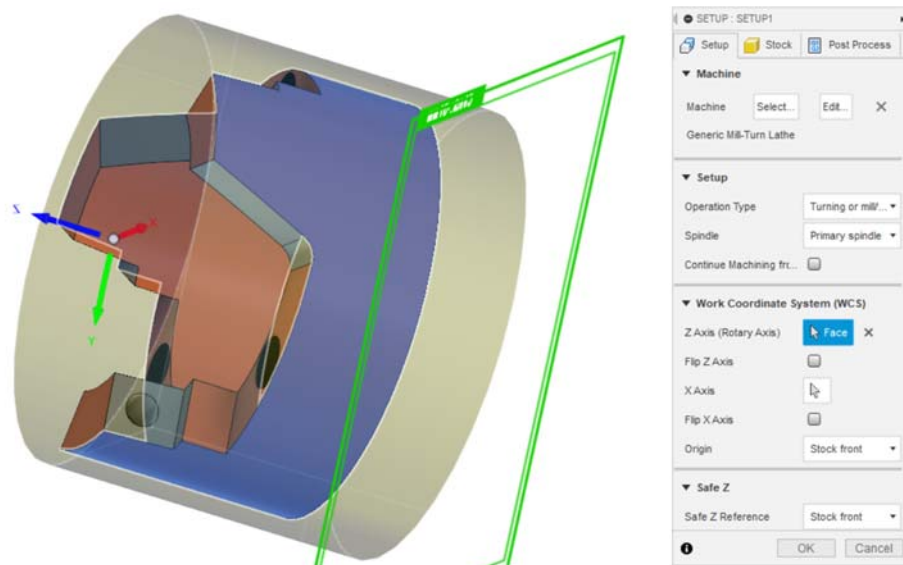
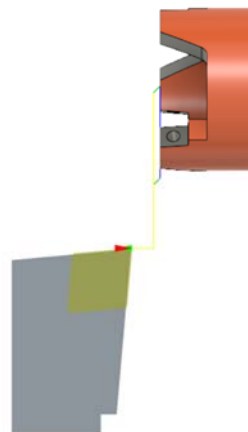


Рисунок 6.2 – Налаштування 1

Наступним етапом буде проведення безпосередньо операцій оброблення заготовки (табл.6.1). Важливим моментом при обробленні таких тіл є ввімкнення функції «Spun Profile», задля того щоб програма не звертала уваги на отвори та вирізи в вихідній моделі деталі.

Таблиця 6.1 – Операції першого налаштування

Токарна обробка торцю



FACE : FACE1

▼ Tool

Tool: Select...

#1 - CNMG432 RH "...

Coolant: Flood

Tool Orientation: 0 deg

▼ Feed & Speed

Use Constant Surfac... ☒

Surface Speed: 106.68 m/min

Maximum Spindle Sp...: 5000 rpm

Use Feed per Revok... ☒

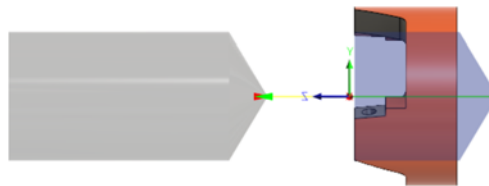
Cutting Feed per Rev...: 0.127 mm

Lead-in feed per Rev...: 0.127 mm

Lead-Out feed per R...: 0.127 mm

OK Cancel

Свердління
внутрішнього отвору



DRILL : DRILL1

▼ Tool

Tool: Select...

#2 - Ø63/64" drill (61...

Coolant: Flood

▼ Feed & Speed

Spindle Speed: 1160 rpm

Surface Speed: 91.1176 m/min

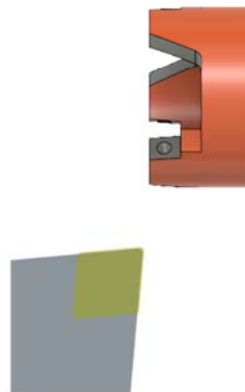
Plunge Feedrate: 736.6 mm/min

Feed per Revolution: 0.635 mm

Retract Feedrate: 1016 mm/min

OK Cancel

Токарне оброблення
зовнішньої поверхні (на
довжину 23 мм)



PROFILE : PROFILE2

▼ Tool

Tool: Select...

#1 - CNMG432 RH "...

Coolant: Flood

Use Tailstock: ☐

▼ Mode & Direction

Turning Mode: Outside profiling

Direction: Front to back

Grooving: Allow radial and...

Pass Direction: 0 deg

Tool Orientation: 0 deg

Tool Clearance Back: 0 deg

Tool Clearance Front: 0 deg

▼ Feed & Speed

Use Constant Surfac... ☒

Surface Speed: 106.68 m/min

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI51.ДП.06.000.ПЗ

Арк.

55

Для подальшого оброблення заготовки необхідно створити нове налагодження «New setup» (рис.6.3), в якому обрати оброблення на фрезерному верстаті «Milling».

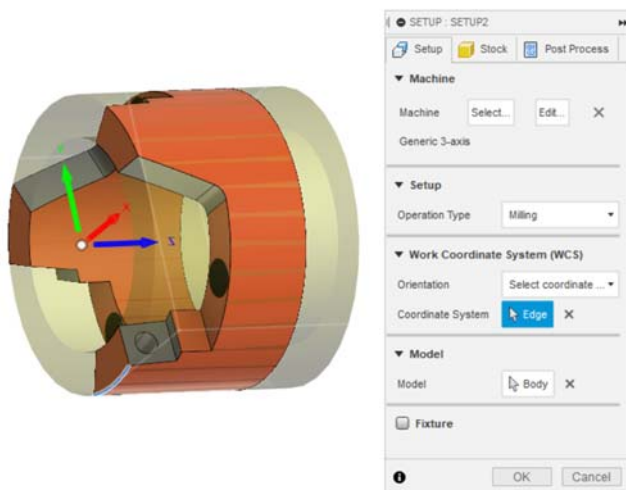


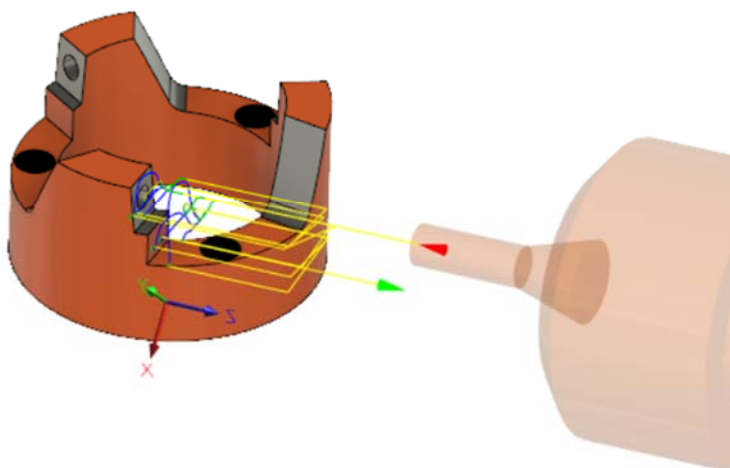
Рисунок 6.3 – Налаштування 2

Після чергового налаштування можна продовжити проведення оброблення (табл.6.2).

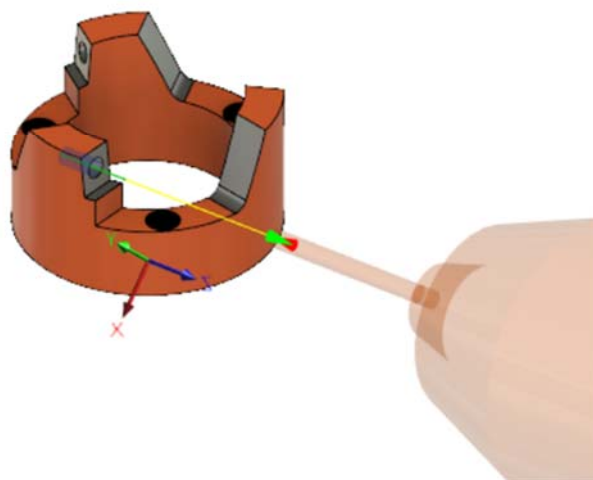
Таблиця 6.2 – Операції другого налаштування

<p>Фрезерування елементів кріплення різальних пластин</p>	
---	--

Фрезерування місць під змінні
різальні пластини



Свердління отворів для
кріплення різальних пластин



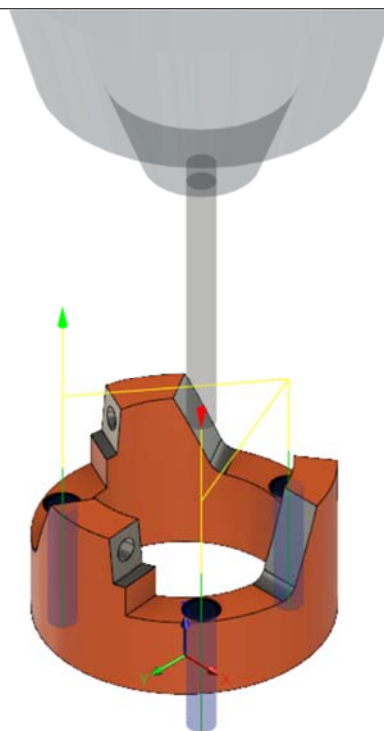
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI51.ДП.06.000.ПЗ

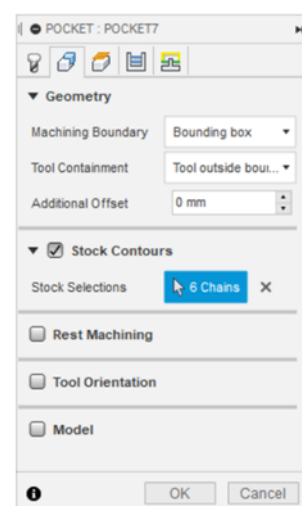
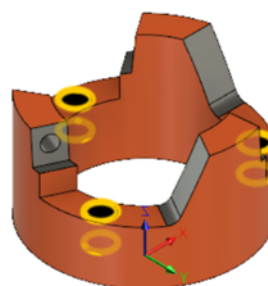
Арк.

57

Свердління отворів під
штифти



Фрезерування отворів під
головку штифта



Для відрізання деталі необхідно створити нове налагодження «New setup», в якому обрати оброблення на токарному верстаті «Turning or mill/turn» (рис.6.4).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI51.ДП.06.000.ПЗ

Арк.

58

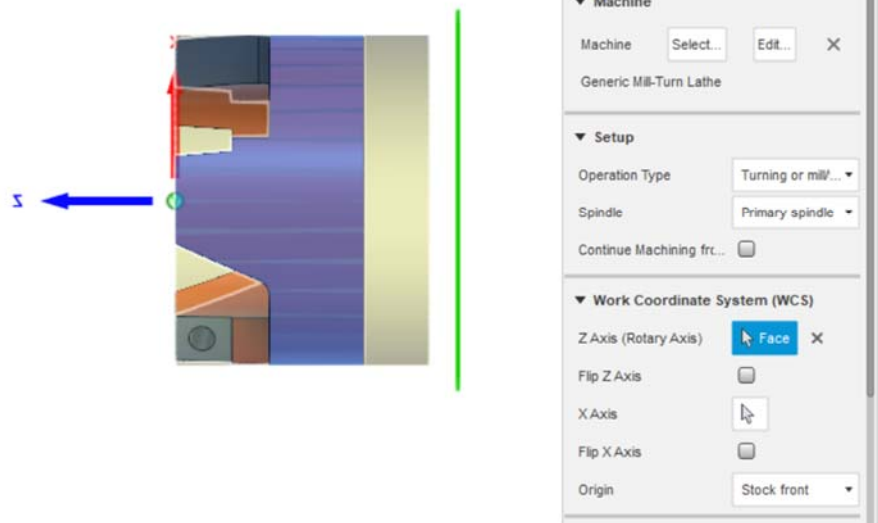


Рисунок 6.4 – Налаштування 3

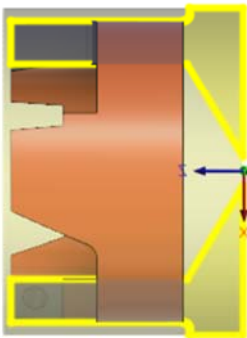
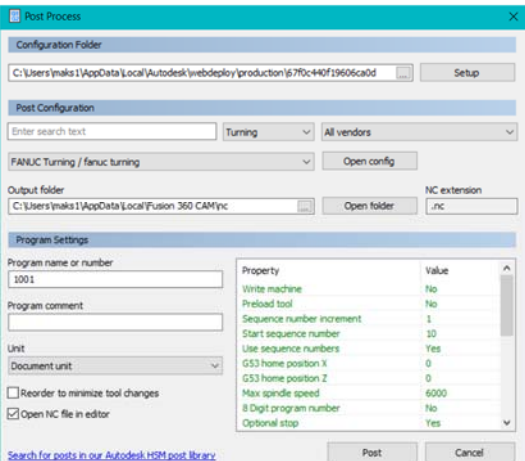
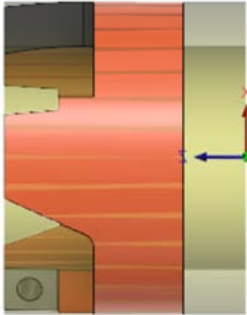
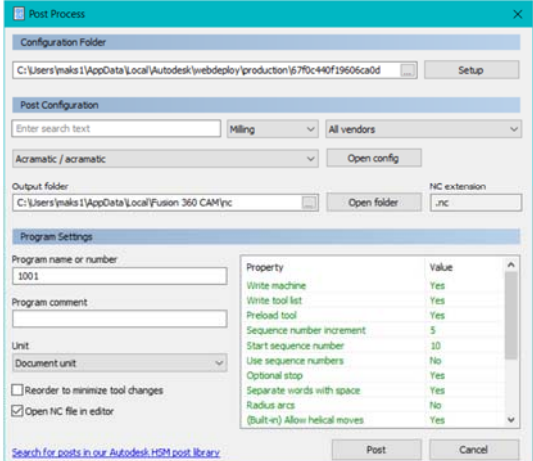
Після переналаштування можна завершити оброблення деталі (табл.6.3).

Таблиця 6.3 – Операції третього налаштування

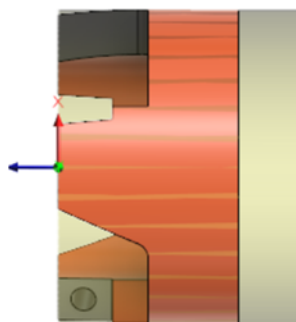
Відрізання деталі	
-------------------	--

Після оброблення заготовки, ми можемо згенерувати G-код для роботи верстата з ЧПК. Для цього необхідно обрати параметри верстата та зберегти окремі коди для кожного налагодження (табл.6.4). В результаті отримаємо готові до роботи документи з G-кодом (рис.6.5).

Таблиця 6.4 – Вибір відповідних верстатів для кожного з налагоджень

<p>Налагодження 1</p>	 
<p>Налагодження 2</p>	 

Налагодження 3



Post Process

Configuration Folder: C:\Users\naka1\AppData\Local\Autodesk\webdeploy\production\678c440f1960ca0d ... Setup

Post Configuration

Enter search text: Turning All vendors

FANUC Turning / fanuc turning Open config

Output folder: C:\Users\naka1\AppData\Local\Fusion 360\CAM\nc Open folder

NC extension: .nc

Program Settings

Program name or number: 1001

Program comment:

Unit: Document unit

☐ Reorder to minimize tool changes

☒ Open NC file in editor

Search for posts in our Autodesk HSM post library

Property	Value
Write machine	No
Preload tool	No
Sequence number increment	1
Start sequence number	10
Use sequence numbers	Yes
G53 home position X	0
G53 home position Z	0
Max spindle speed	6000
8 Digit program number	No
Optional stop	Yes

Post Cancel

```

1  : (PGM_NAME="1001")
2  : MACHINE
3  : VENDOR AUTODESK
4  : DESCRIPTION GENERIC 5-AXIS BC HEAD-HEAD
5  : T4 D=2.489 CR=0 TAPER=118DEG - DRILL
6  : T5 D=3.454 CR=0 TAPER=118DEG - DRILL
7  : T6 D=3.175 CR=0.381 - BULLNOSE END MILL
8  : T10 D=4.762 CR=0 - FLAT END MILL
9  : G90 G40 G94
10 G17
11 G71
12 M26
13 : ADAPTIVE3
14 M9
15 M26
16 :T10 M6
17 M26
18 :T4
19 S2037 M3
20 H0
21 M10
22 M50
23 G0 B90. C180.
24 M11
25 M51
26 M8
27 G0 X32.5 Y-19.266
28 Z5.435
29 X22.5
30 X9.976
31 G1 X9.5 F248
32 X7.5
33 G19 G3 Y-18.171 Z4.715 J-17.314 K7.211
34 G1 Y-18.12 Z4.702
35 Y-18.07 Z4.694
36 Y-17.998 Z4.692
37 Y-17.927 Z4.701
38 Y-17.855 Z4.724
39 Y-17.725 Z4.877
40 Y-17.645 Z5.061
41 Y-17.621 Z5.261
42 Y-17.656 Z5.459
43 Y-17.747 Z5.638
44 G3 Y-18.306 Z5.723 J-18.07 K5.393
45 Y-17.927 Z4.701 J-17.977 K5.264
46 G1 Y-17.872 Z4.715
47 Y-17.828 Z4.732
48 Y-17.784 Z4.755
49 Y-17.721 Z4.798
50 Y-17.659 Z4.858
51 Y-17.641 Z4.878
52 Y-17.597 Z4.94
53 Y-17.566 Z5.001
54 Y-17.542 Z5.072
55 Y-17.53 Z5.144
56 Y-17.529 Z5.215
57 Y-17.539 Z5.287
58 Y-17.56 Z5.358
59 Y-17.595 Z5.43
60 Y-17.641 Z5.494
61 Y-17.674 Z5.537
62 G3 Y-18.372 Z5.579 J-18.042 K5.235
63 G1 X7.507 Y-18.432 Z5.522
64 X7.529 Y-18.49 Z5.467
65 X7.564 Y-18.544 Z5.414
66 X7.611 Y-18.593 Z5.367
67 X7.67 Y-18.635 Z5.327
68 X7.738 Y-18.67 Z5.294
69 X7.813 Y-18.695 Z5.27
70 X7.894 Y-18.71 Z5.255
71 X7.976 Y-18.716 Z5.25
72 G0 X22.5
73 Y-18.987 Z14.183
74 X8.453
75 G1 X7.976 F248
76 X7.894 Y-18.985 Z14.189
77 X7.813 Y-18.977 Z14.21
78 X7.738 Y-18.965 Z14.242
79 X7.67 Y-18.948 Z14.287
80 X7.611 Y-18.927 Z14.342
81 X7.564 Y-18.904 Z14.406
82 X7.529 Y-18.877 Z14.476
83 X7.507 Y-18.849 Z14.551
84 X7.5 Y-18.82 Z14.629
85 G3 Y-18.171 Z17.166 J-30.206 K18.894
86 G1 Y-18.142 Z17.428
87 Y-18.108 Z17.571
88 Y-18.068 Z17.714
89 Y-18.016 Z17.857
90 Y-17.89 Z18.142
91 Y-17.784 Z18.318
92 Y-17.704 Z18.428
93 Y-17.641 Z18.507
94 Y-17.609 Z18.542
95 Y-17.526 Z18.641
96 Y-17.39 Z18.833
97 Y-17.243 Z19.08
98 Y-17.087 Z19.398
99 Y-16.923 Z19.815
100 Y-16.76 Z20.35
101 Y-16.639 Z20.895
102 Y-16.548 Z21.447
103 Y-16.479 Z22.002
104 Y-16.427 Z22.559
105 Y-16.388 Z23.116
106 Y-16.358 Z23.675
107 Y-16.336 Z24.233
108 Y-16.319 Z24.792
109 Y-16.265 Z25.067
110 Y-16.032 Z25.575
111 Y-15.658 Z25.99
112 Y-15.377 Z26.197
113 Y-15.199 Z26.361
114 Y-15.061 Z26.56
115 Y-14.968 Z26.783
116 Y-14.927 Z27.022
117 G3 Y-15.427 Z27.511 J-15.403 K27.035
118 G1 X7.507 Y-15.509 Z27.507
119 X7.529 Y-15.589 Z27.503
120 X7.564 Y-15.665 Z27.499
121 X7.611 Y-15.733 Z27.496
122 X7.67 Y-15.791 Z27.493
123 X7.738 Y-15.839 Z27.49
124 X7.813 Y-15.874 Z27.489

```

Рисунок 6.5 – Приклад згенерованого G-кода

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MI51.ДП.06.000.ПЗ

Арк.

61

В результаті було отримано дані для проведення процесу виготовлення коронки інструмента на верстаті з ЧПК. Аналогічно може бути сформована керуюча програма для виготовлення решти компонентів інструмента. Під час генерування коду програми було використано різноманітні налаштування та верстати з ЧПК, тому в результаті було отримано кількість керуючих програм рівну кількості процедур налагодження.

					<i>MI51.ДП.06.000.ПЗ</i>	Арк.
						62
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6 ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТОТИПУ НА 3D ПРИНТЕРІ

Таким чином, маючи 3D моделі складових частин збірного проектного інструмента, необхідно підготувати моделі окремих елементів для друку прототипа на 3D принтері для проведення подальших перевірок конструкції. Поетапно проведемо всі необхідні дії з деталями збірки.

Розпочнемо з підготовки корпусу для пелюсток (рис.5.1).



Рисунок 5.1 – Корпус для пелюсток

В першу чергу необхідно створити .stl модель. Для цього в CAD середовищі необхідно виконати операцію «File – Print – Sent to 3D printing service» (рис.5.2).

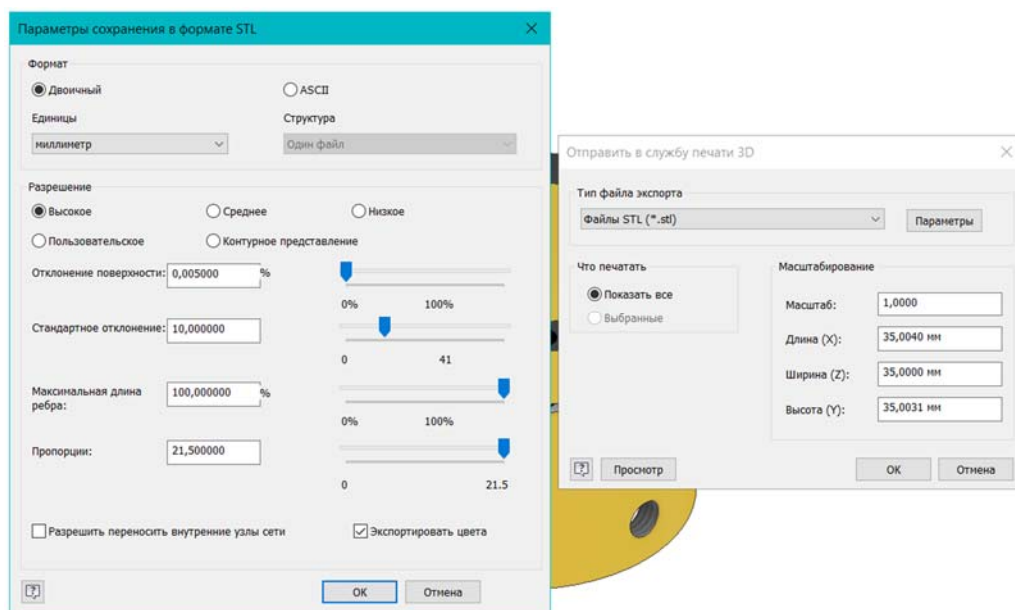


Рисунок 5.2 – Створення .stl файлу

Обрати всі необхідні параметри збереження документу, в результаті отримаємо документ (рис.5.3), що являє собою поверхню корпусу інструмента, яку використаємо в подальшому.

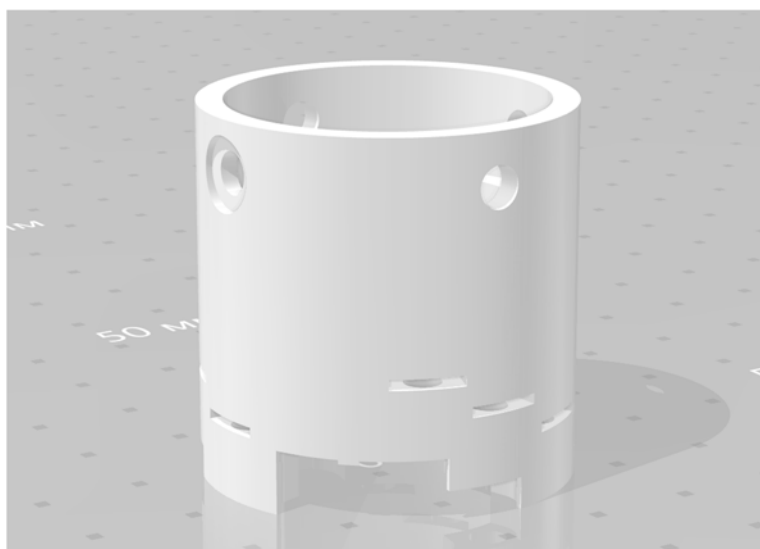


Рисунок 5.3 – Трьохвимірна .stl модель корпусу

					<p>MI51.ДП.06.000.ПЗ</p>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Наступним кроком буде створення керуючої програми для 3D принтера в «Slicer» програмі, яка дозволяє розбити згенеровану модель на шари. Додаємо раніше створену модель в середовище «Slicer» та проводимо вибір принтера та налаштування його робочого процесу (рис.5.4), а потім зберігаємо обрані налаштування та проводимо нарізку на шари (рис.5.5).

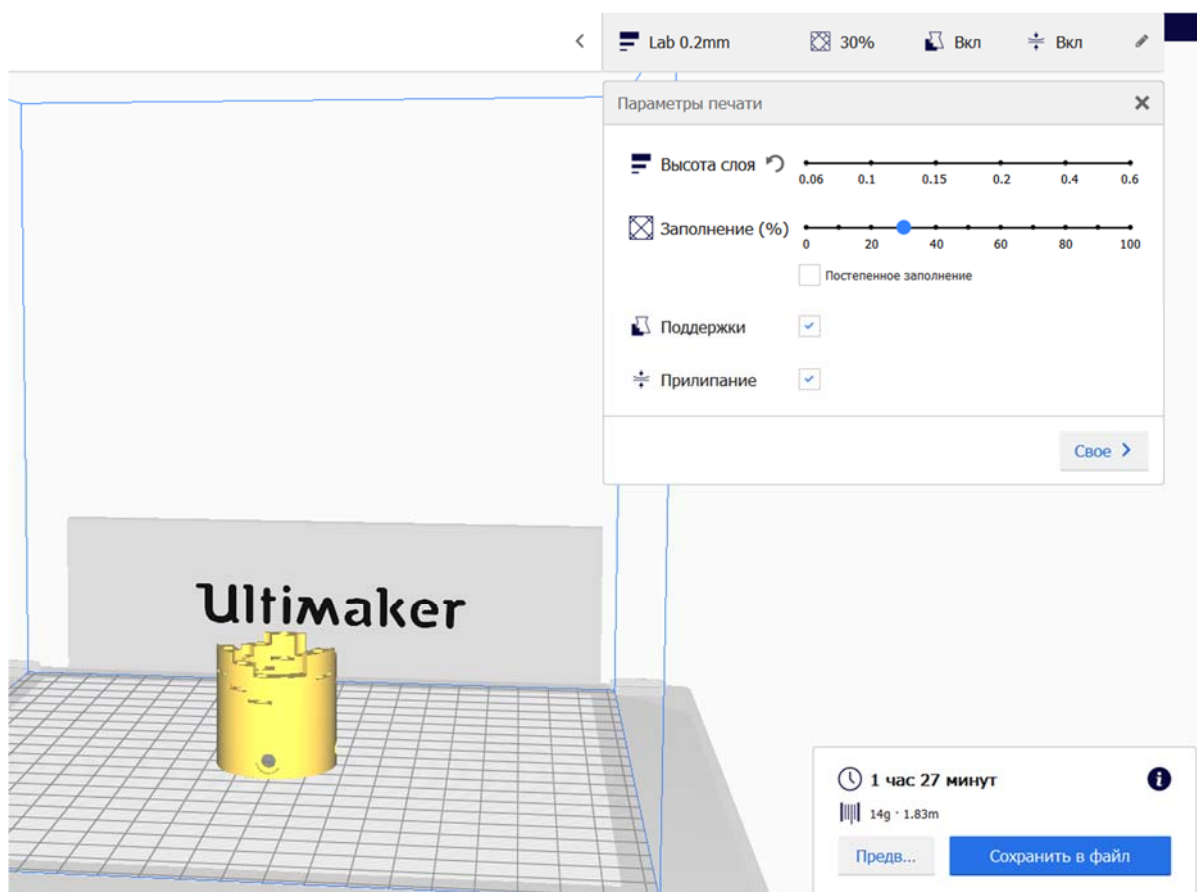


Рисунок 5.4 – Налаштування процесу друку

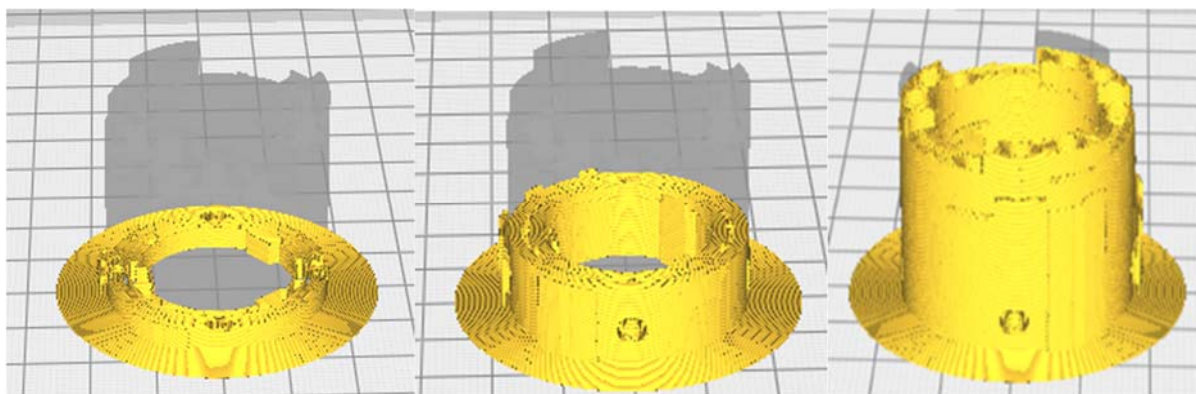


Рисунок 5.5 – Розбивка 3D моделі на шари (на різній висоті)

Зберігаємо отриману розбивку на шари. Згенерований файл є текстовим документом, який містить в собі G-код програми роботи 3D принтера (рис.5.6).

```
;FLAVOR:Marlin
;TIME:5239
;Filament used: 1.83131m
;Layer height: 0.2
;Generated with Cura_SteamEngine 4.0.0
M140 S60
M105
M190 S60
M104 S205
M105
M109 S205
M82 ;absolute extrusion mode
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M82 ;set extruder to absolute mode
M107 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G28 Z0 ;move Z to min endstops
G1 Z15.0 F9000 ;move the platform down 15mm
G92 E0 ;zero the extruded length
G1 F200 E6 ;extrude 6 mm of feed stock
G92 E0 ;zero the extruded length again
G1 F9000
;Put printing message on LCD screen
M117 Printing...
```

Рисунок 5.6 – Фрагмент G-коду

Отриманих даних буде достатньо для проведення операції друку цього елемента на обраному принтері та з використанням обраного матеріала.

Аналогічно створюємо керуючі програми для інших елементів збірки.

Таким чином, в результаті було отримано прототип бурильної головки. Окремо надруковано елементи конструкції (рис.5.7), які буде в подальшому зібрано в єдине ціле для проведення експериментів над системою фіксації керна, а також демонстрації концепції.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.7 – Надруковані елементи конструкції бурильної головки
(а – пелюстки різних рівнів, б – коронка з різальними елементами та фіксатор
керна)

					MI51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

7 СИМУЛЯЦІЯ В CAD/CAM СИСТЕМАХ

Для перевірки та аналізу системи фіксації керну проведемо навантаження пелюсток за допомогою програми симуляції Autodesk Fusion 360.

Для цього необхідно знати значення відцентрової сил. Необхідне значення можна отримати за формулою $F = \frac{mV^2}{R}$, де m – маса ґрунту в середині інструмента саме в даному проміжку конструкції, V – колова швидкість інструмента, R – радіус прикладання сили. Оскільки висота конструкції пелюсток 8 мм, а внутрішній діаметр 25 мм, при густині ґрунту 1400 кг/м³. Таким чином отримаємо:

$$m = \rho \cdot h \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = 1400 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 12.5 \cdot 10^{-9} = 0.001 \text{ кг.}$$

$$\text{Звідси } F = \frac{0.001 \cdot 1.8^2}{12.5} = 0.0003 \text{ Н.}$$

Знаючи значення сили, можна підставити та провести симуляцію. Але оскільки сили достатньо незначні, то варто перевірити систему під впливом більшого навантаження, тому прикладемо силу в 10 Н, таким чином ми передбачаємо можливість роботи з іншим матеріалом.

Для початку необхідно зафіксувати елементи конструкції, які нас не цікавлять в дослідженні (рис.7.1)

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

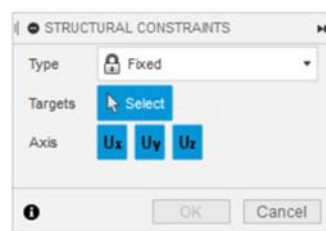


Рисунок 7.1 – Фіксація елементів конструкції

Далі необхідно прикласти сили до елементів системи фіксації та зазначити значення сили (рис.7.2)

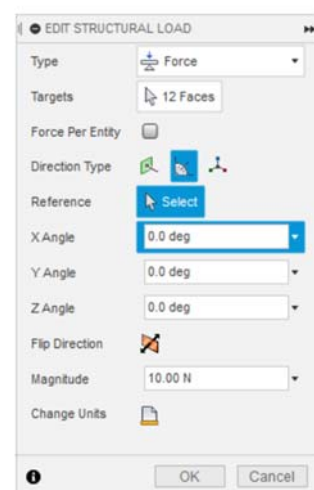


Рисунок 7.2 – Прикладення сили до пелюсток

Наступним кроком потрібно виконати «Попередня перевірка», а потім «Вирішення». В результаті розрахунку система виводить результати симуляції (рис.7.3).

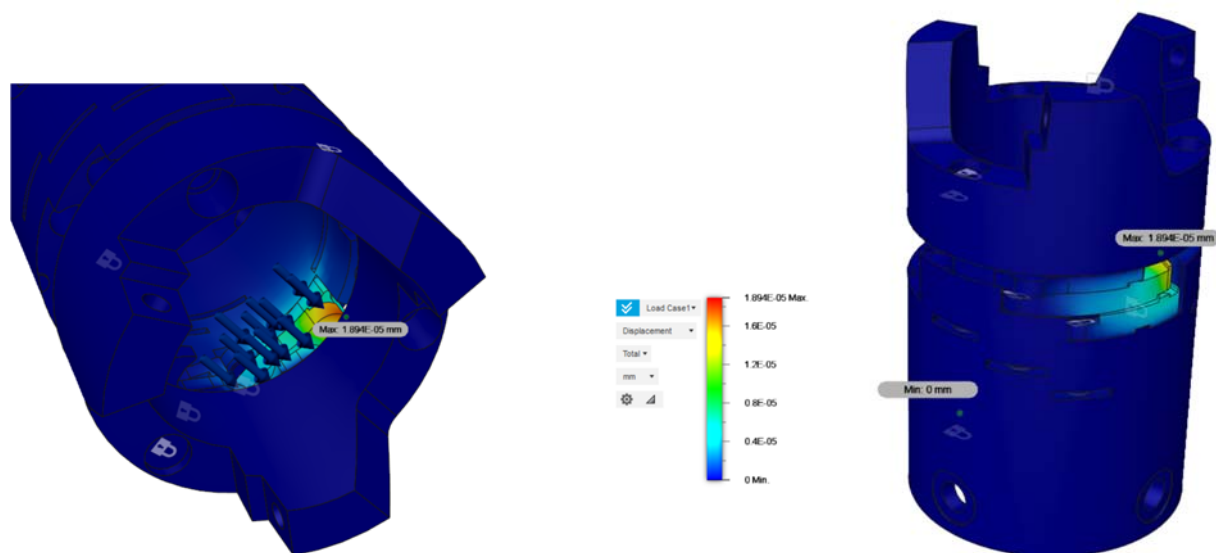


Рисунок 7.3 – Результат симуляції пелюсток

Також варто перевірити штифти під навантаженням, яке було визначено раніше, при умові, що матеріал штифтів Сталь 45 . Для цього прикладемо сили до коронки (рис.7.3 а), при цьому зафіксуємо фіксатор керна (рис.7.3 б).



Рисунок 7.3 – Перевірка штифтів
(а – прикладення сил, б – обмеження дії сил)

Проводимо симуляцію процесу та отримуємо результати (рис.7.4).



Рисунок 7.4 – Результат перевірки

Результат дослідження показує, що при даному навантаженні та при обраний конструкції система здатна витримувати зазначене навантаження без порушення цілісності конструкції.

Таким чином, в результаті дослідження було встановлено, що при даних параметрах аналізованої системи навантаження на систему фіксації та на конструкцію бурильної головки знаходиться в допустимих межах та ніяким чином не руйнує чи деформує конструкцію при обраних режимах роботи та умовах. Тому можна стверджувати, що система здатна працювати при зазначених навантаженнях.

					<i>MI51.ДП.06.000.ПЗ</i>	Арк.
						72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Важливим питанням сьогодення є завдання дослідження ґрунтів під час будівництва, а також це актуально при дослідженні поверхонь інших планет. Оскільки аналіз складу ґрунту дозволяє робити висновки щодо можливості життя. Таким чином постає необхідність у відповідному обладнанні, яке дозволить проводити подібні роботи.

Результатом проведення даної роботи є створення бурильної головки для видобутку проб ґрунту з можливістю фіксації видобутої породи. Для даної роботи було розроблено систему фіксації керна в середині труби бура, а саме систему ступенів пелюсток, які дозволяють виконувати поставлену задачу. Було розраховано режими роботи інструменту, який необхідно використати для виготовлення, припуски на оброблення поверхонь. Було створено пристосування призначене для оброблення елементів конструкції на верстаті з ЧПК з мінімальними похибками встановлення. Було розроблено керуючі програми для оброблення розроблюваного інструменту на верстаті з ЧПК, а також для 3D принтера, для створення прототипів. Було виконано аналіз конструкції фіксації породи за допомогою потужностей сучасних CAD/CAM систем, а саме було змодельовано навантаження на ці елементи та отримано результати по ступеню їх деформації.

В результаті було виготовлено зразок на 3D принтері, який дозволяє перевірити працездатність системи фіксації, а також використовувати його в якості прототипу для представлення варіанта можливої реалізації поставленого завдання.

					МІ51.ДП.06.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

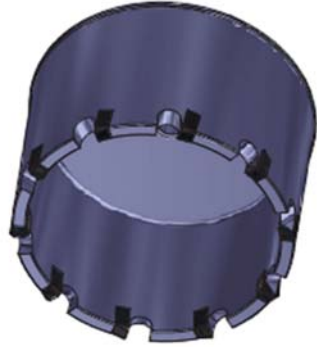
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
2. Козловский Е.А. Горная энциклопедия / Козловский Е.А., 1985. – 575 с. – (М.: Советская энциклопедия).
3. Шехурдин В.К., Несмотряев В.И., Федоренко П.И. Горное дело: Учебник для техникумов. - М.: Недра, 1987. - 440 с.
4. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. М., «Машиностроение», 1976 – 288 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя, том 1, под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.П. Издание 4-е, перераб. и доп. Москва, "Машиностроение", 1986.
6. Справочник технолога-машиностроителя, том 2, под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.П. Издание 4-е, перераб. и доп. Москва, "Машиностроение", 1986.
7. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник/Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром. 1995. – 456 с.
9. BS 2015 Katalog Werkstueck Spannsysteme Heinrich Kipp Werk KG.
10. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1984. — Т. 1 /Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. 592 с, ил.
11. Фещенко В.Н. СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА. Книга 1. Машины и механизмы: учеб.-прак. пос./В.Н.Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 400 с.

					<i>MI51.ДП.06.000.ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

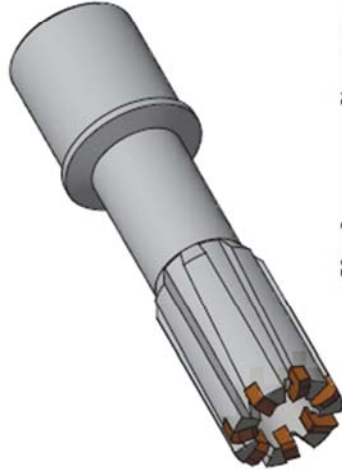
Додаток – А

Аналіз існуючих конструкцій інструмента



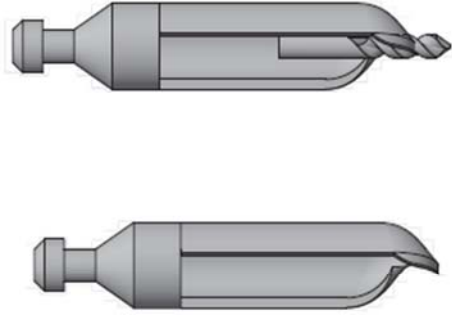
Свердло великого діаметру
зі змінними пластинами

Корончаті свердла



Свердло малого діаметру
зі змінними пластинами

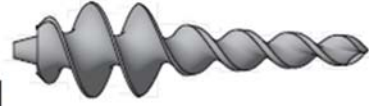
- Переваги:
- Велика площа контакту з робочою поверхнею
 - Значний об'єм матеріалу, що видаляється
 - Економічність та повна ергономічність
- Недоліки:
- Неможливо працювати з глибокими отворами



Бури ложки

- Переваги:
- дешевизна
 - простота конструкції
 - не висока складність виготовлення

Ручні бури



Спіральні бури

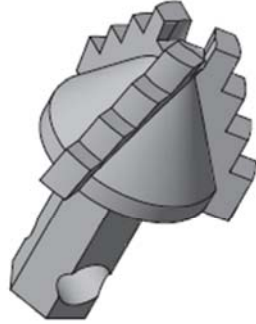
- Недоліки:
- накладаються обмеження при роботі, викликані особливостями конструкції
 - низька продуктивність
 - обмеження викликані фізичними показниками виконавця

Шнекобури



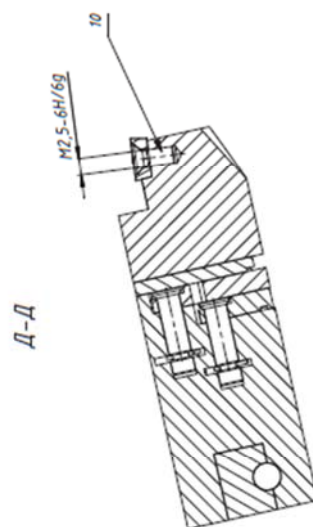
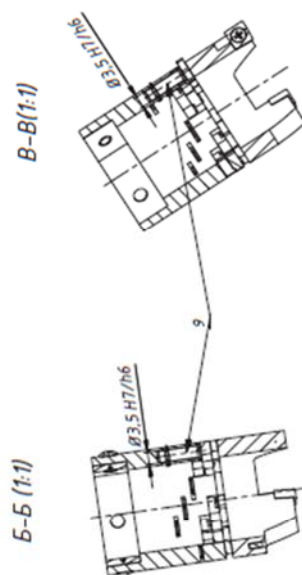
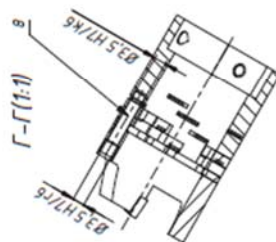
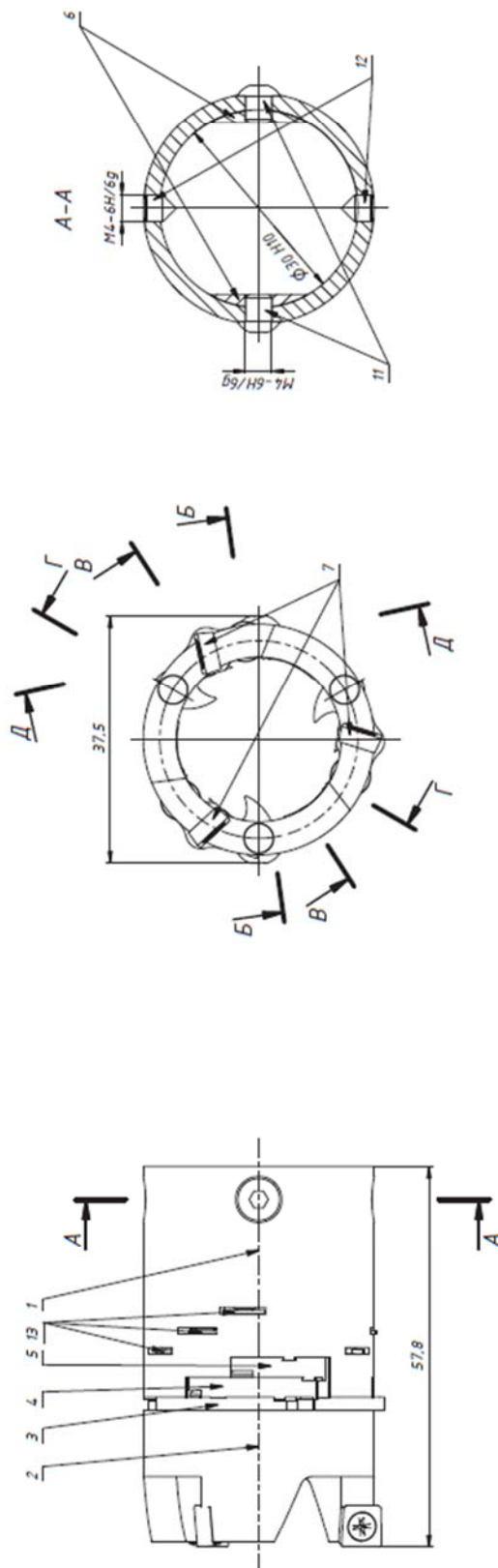
Шпильаста зі спіраллю

- Переваги:
- Можна бурити в будь-якому напрямку, наприклад під кутом
 - Можливість робити отвори великого діаметру (до 150 см)
- Недоліки:
- При попаданні на валун подальше проходження може стати проблемою
 - Буріння в породах високої твердості неможливе
 - В липких та в'язких ґрунтах можливе налипання



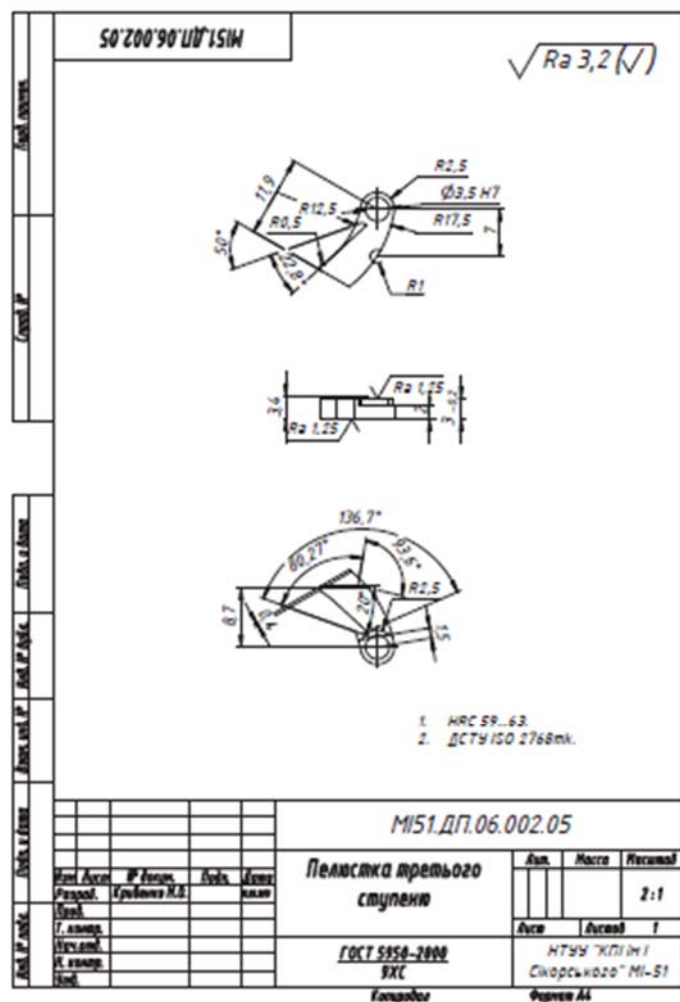
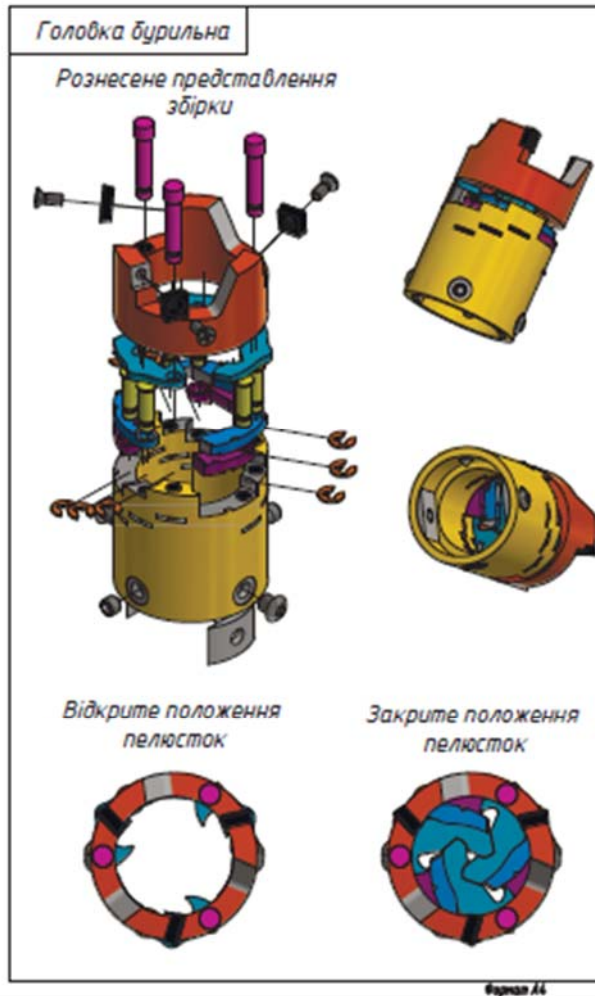
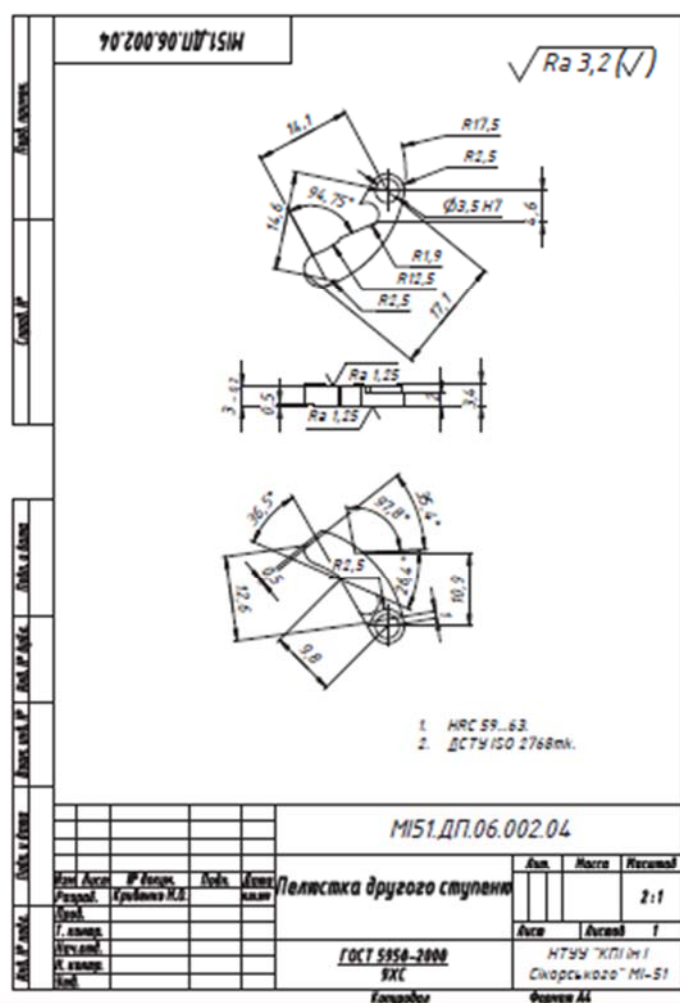
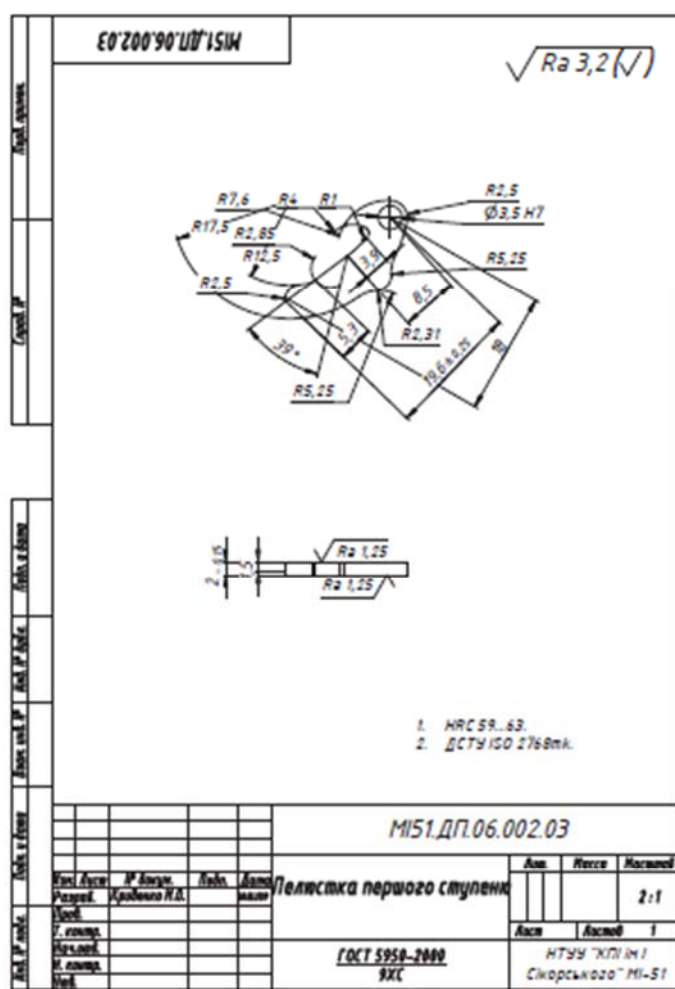
Лопатева головка

MIS1.DIT.06.002 CK

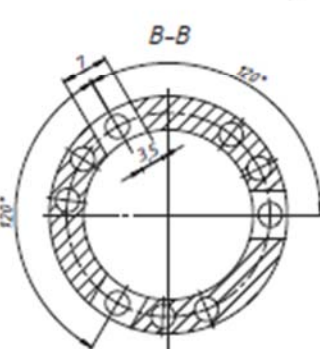
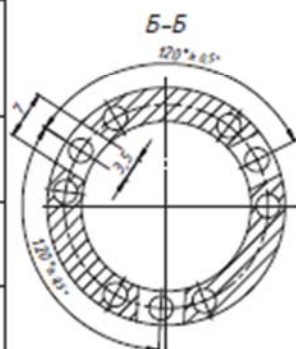
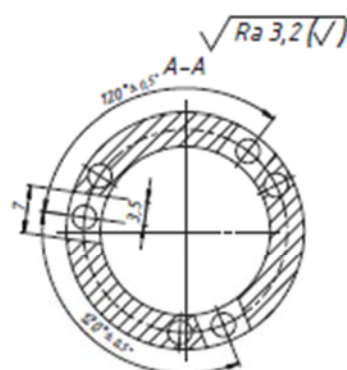
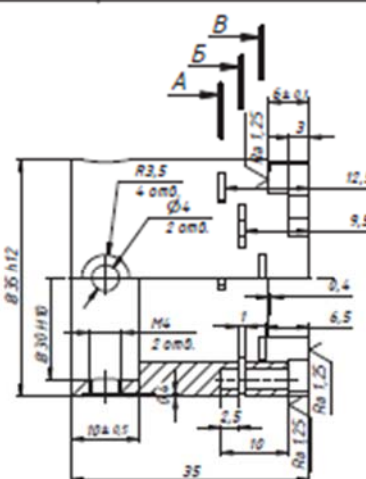
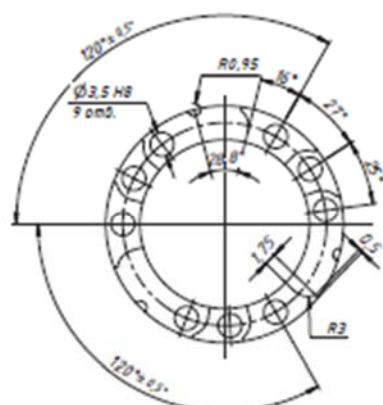


1. Радіальне биття поверхонь, які утворюють зовнішній та внутрішній діаметри головки діаметром однієї сторони крипильної частини не повинна перевищувати 0,4 мм.
2. Неповнотність по ширині упорних поверхонь не повинна перевищувати 0,08 мм.
3. Поверхні суміжні з пелестками повинні бути гладкими, без закруглень, зобов'язані на інших дефектів, які порушують контакт.
4. З'єднання штифти повинні бути гладкими, без заборн, викрутин, заусенців та інших дефектів, які порушують їх міцність.

[illegible]



10'200'90'10'151W



1. HRC 59...63.
2. ДСТУ ISO 2768mk.

Вид	Аспект	№ докум.	Подп.	Дата
Разр.	Корректир.	К.В.		
Т. экз.				
Н. экз.				
В. экз.				

М151.ДП.06.002.01

Фиксатор керна

Авт.	Масш.	Норматив
		2:1
Лист	Листов	1
НТУУ "КПІ" м.Львівська 20" МІ-51		

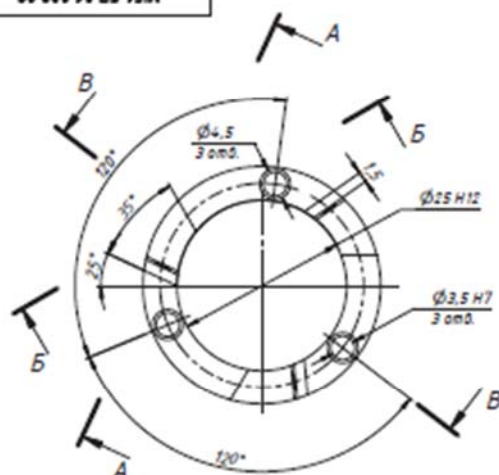
ГОСТ 9550-2000

9ХС

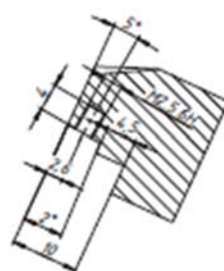
Котировка

Формат А3

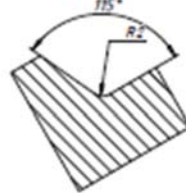
20'200'90'10'151W



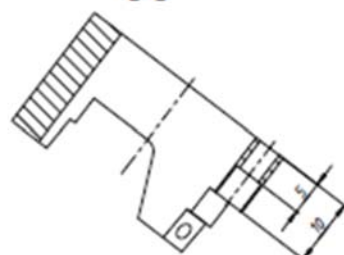
A-A



B-B



B-B



1. HRC 59...63.
2. ДСТУ ISO 2768mk.

Вид	Аспект	№ докум.	Подп.	Дата
Разр.	Корректир.	К.В.		
Т. экз.				
Н. экз.				
В. экз.				

М151.ДП.06.002.02

Коронка

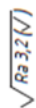
Авт.	Масш.	Норматив
		2:1
Лист	Листов	1
НТУУ "КПІ" м.Львівська 20" МІ-51		

ГОСТ 9550-2000

9ХС

Котировка

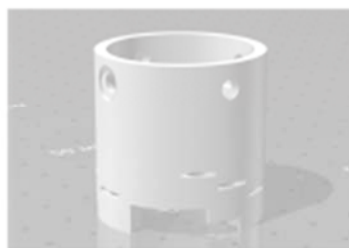
Формат А3



ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТОТИПУ НА 3D ПРИНТЕРІ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ІНСТРУМЕНТА ТА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ



Створення .stl моделей окремих елементів інструмента



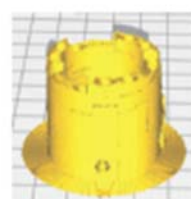
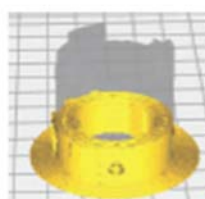
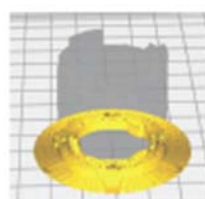
```

;FLAVOR:Marlin
;MACHINE:5239
;filament used: 1.8313m
;layer height: 0.2
;generated with Cura_Seamless 4.0.0
M000 S600
M005
M000 S600
M005
M000 S400
M005
M000 S200
M02 ;absolute extrusion mode
G21 ;metric values
G90 ;absolute positioning
M02 ;set extruder to absolute mode
M007 ;start with the fan off
G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
G29 Z0 ;move Z to min endstop
G1 Z15.0 F3000 ;move the platform down 15mm
G02 G0 ;zero the extruded length
G1 F200 ;extrude 0 mm of feed stock
G02 G0 ;zero the extruded length again
G4 ;pause
;put printing message on LCD screen
M117 printing...
    
```

Фрагмент керуючої програми (G — код)

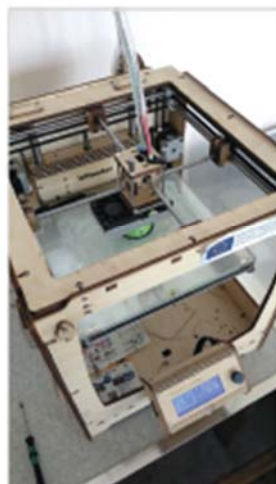


Вибір та налаштування 3d принтера



Процес нарізання на шари, імітація процесу друку

ПРОЦЕС ДРУКУ НА 3D ПРИНТЕРІ



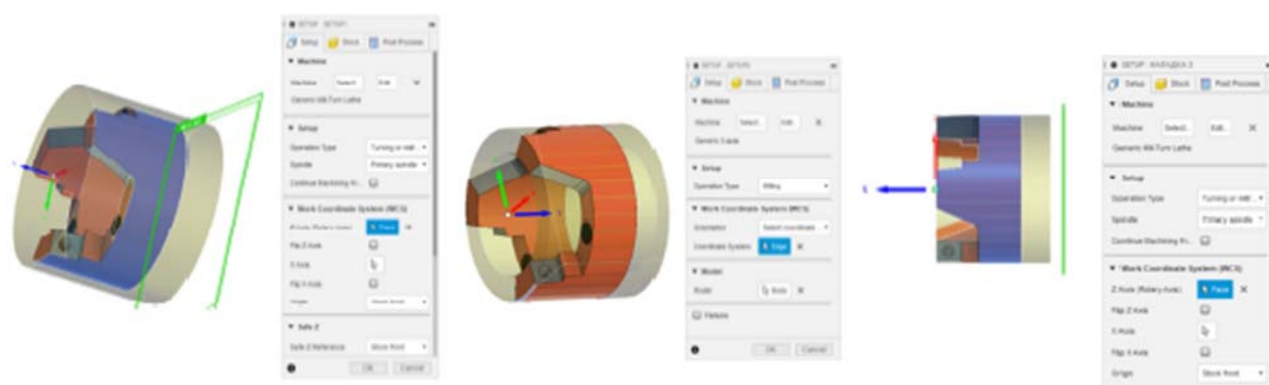
РЕЗУЛЬТАТ ВИКОНАННЯ - ДРУКОВАНА МОДЕЛЬ БУРИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ



На зображеннях показано результат друку на 3d принтері, а саме окремо надруковані елементи конструкції бурильної головки: коронка, фіксатор керна та пелюстки кожного зі ступенів. В подальшому всі елементи збираються в єдине ціле. Даний прототип створено для демонстрації концепції та для перевірки працездатності системи фіксації пороли — керна.

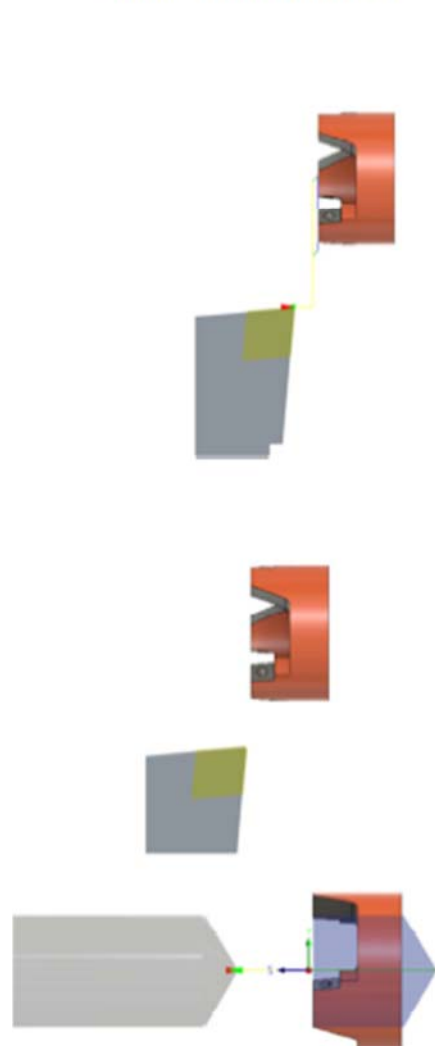


СТВОРЕННЯ ПРОГРАМИ ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

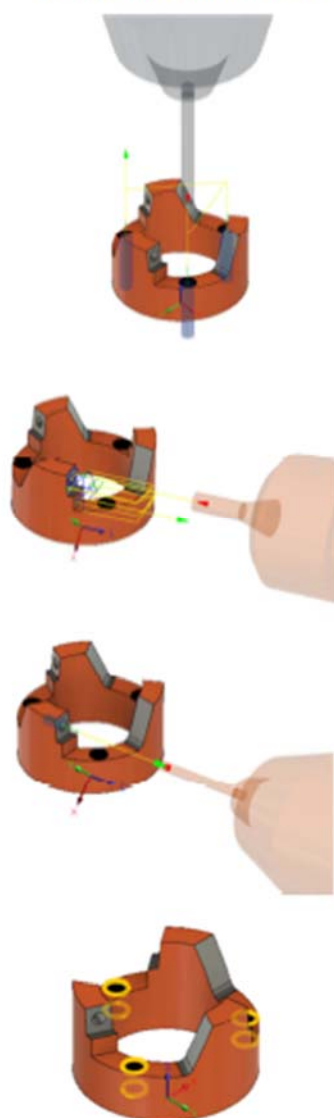


Налагодження для виконання різних типів операцій

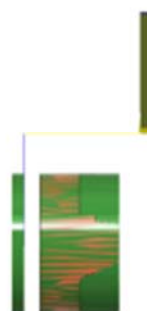
Операції першого налагодження
Токарний верстат HAAS CL-1



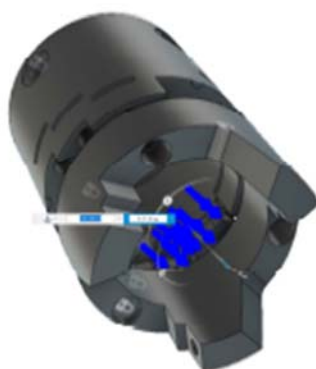
Операції другого налагодження
Верстат фрезерний HAAS DT-2



Операції третього налагодження
Токарний верстат HAAS CL-1

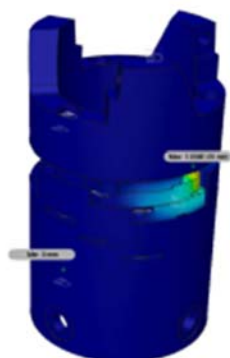
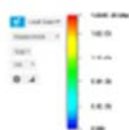
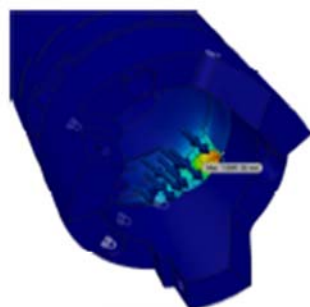


ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ ФІКСАЦІЇ КЕРНА НА СТІЙКІСТЬ ДО НАВАНТАЖЕННЯ



Фіксація елементів конструкції, які нас не цікавлять в ході дослідження

Прикладання сил до елементів системи фіксації



В результаті навантаження системи фіксації керна було встановлено, що під навантаженням 10 Н (яке більше ніж навантаження, що виникає при роботі інструмента) максимальне зміщення досягає «1,894E-05 mm», що є незначним. Кольорову схему «Displacement» зображено зліва та відповідний кольоровий діапазон, якому у відповідність поставлено числові значення зміщення.

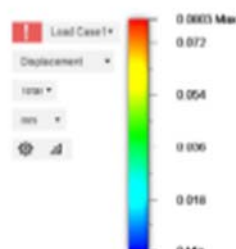
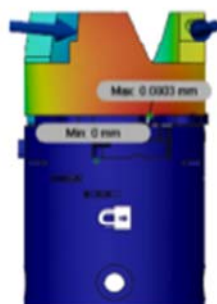
ПЕРЕВІРКА КОНСТРУКЦІЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО НАВАНТАЖЕННЯ



Прикладання сил до елементів системи фіксації



Фіксація елементів конструкції, які нас не цікавлять в ході дослідження



В результаті навантаження системи було встановлено, що під навантаженням 600 Н на кожен різальний елемент зміщення є незначним. Кольорову схему «Displacement» зображено зліва та відповідний кольоровий діапазон, якому у відповідність поставлено числові значення зміщення.

Додаток – Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			MI51.ДП.06.002.СК	Головка бурильная	1	
				<u>Детали</u>		
A3		1	MI51.ДП.06.002.01	Фиксатор керна	1	
A3		2	MI51.ДП.06.002.02	Коронка	1	
A4		3	MI51.ДП.06.002.03	Пелюстка першого ступеню	3	
A4		4	MI51.ДП.06.002.04	Пелюстка другого ступеню	3	
A4		5	MI51.ДП.06.002.05	Пелюстка третього ступеню	3	
		6		Лиска	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Пластина SCMT09T304	3	
		8		Штифт 3.5x16.5	3	
		9		Штифт 3.5x11.5	6	
		10		AS 1427 H - метрическая M2,5 x 6:4	3	
		11		BS 4168 - метрическая M4 x 4	2	
		12		BS 4168 - метрическая M4 x 3:1	2	
		13		E-образное кольцо	9	

Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.

MI51.ДП.06.002 СК							
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Кривенко М.О.		30.05		1	1
Пров.					НТУУ "КПІ ім І Сікорського" MI-51		
Нач.отд.							
Н.контр							
Утв.							

Копировал

Формат А4

[illegible]

Копировал

Формат А4

Додаток – В

[illegible]

[illegible]

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Разраб.	Криченко					I	I	I
Нормир.	Красновид							
Н. контр.								40

Technical drawing showing a cross-section of a part. The surface finish is specified as Ra 0,80. A dimension of 20 is indicated for the height of a feature. A circular feature is labeled with the number 1.

Коронка						Материал 9ХС		
Наименование операции Зачувальна								
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД			
Оборудование, устройство ЧПУ						Обозначение программы		
Круглошлифовальный комбинированный верстат								
To	Tв	Tп.з.	Tшт.	СОЖ				
P	D или B	L	t	i	S	n	v	
O01	1. Встановити і закріпити деталь							
T02								
O03	2. Шліфувати торцієь витримати розмір (1) з дотриманням встановленої якості поверхні							
T04	Тарілчастий шліфувальний круг							
P05		35		0,05	4	6950	20	
T06								
O07	3.							
T08								
P09								
T10								
OK								